

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российский союз предпринимателей текстильной и легкой промышленности
(СОЮЗЛЕГПРОМ)
Технологическая платформа «Текстильная и легкая промышленность»

Ивановский государственный политехнический университет
Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Ивановский государственный химико-технологический университет

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XXI Международного
научно-практического форума
«SMARTEX – 2018»

**«ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ:
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, НАУКОЁМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И
МАТЕРИАЛЫ»**

Часть 2

**Доклады участников I Всероссийского конкурса
на лучшую научно-исследовательскую работу
среди молодых учёных и специалистов
«ЛЕГПРОМНАУКА»**

26 – 28 сентября 2018 года

УДК 677.1/5:5

Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы [Текст]: сб. материалов XXI Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2018», 26–28 сентября 2018 года. – Иваново: ИВГПУ, 2018. – Ч.2. – 140 с.

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. А.К. Изгородин (Ивановский государственный политехнический университет), д-р техн. наук, проф. А.П. Морыганов (Институт химии растворов имени Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, гл. науч. сотр. Н.П. Пророкова (Институт химии растворов имени Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, вед. науч. сотр. С.В. Алеева (Институт химии растворов имени Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, проф. Н.А. Кулида (Ивановский государственный политехнический университет), д-р техн. наук, проф. А.Ю. Матрохин (Ивановский государственный политехнический университет), д-р тех. наук, проф. А.М. Киселёв (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

**ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ
«ШУЙСКО-ТЕЗИНСКАЯ ФАБРИКА «ТЕЗИНКА»**

**THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES AT THE TEXTILE
MANUFACTURING "SHUYA FACTORY ON TEZA», LIMITED**

Е.Н. Чернова¹, Д.С. Королев², Е.Л. Владимирцева³
E.N. Chernova¹, D.S. Korolev², E.L. Vladimirtseva³

¹Общество с ограниченной ответственностью «УМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ» (г. Шуя)

²Общество с ограниченной ответственностью «Объединение «Специальный Текстиль»
(г. Шуя)

³Ивановский государственный химико-технологический университет

¹SMART MATERIALS, Ltd (Shuya)

²SPECIAL TEXTILES GROUP Co., Ltd (Shuya)

³Ivanovo State University of Chemistry and Technology,

E-mail: chernova@smart-textile.ru, 9265575257@mail.ru, elvladimirtseva@mail.ru

В современном мире текстильно-отделочное производство не может быть конкурентоспособным без внедрения новых технологий и инновационных решений.

В статье рассматривается внедрение технологии микрокапсулирования для отделки текстиля, с требуемыми качественными и функциональными свойствами, что позволяет получить уникальный функционально-активный текстиль гражданского и специального назначения.

Ключевые слова: умный текстиль, фабрика будущего, функциональные свойства, репеллентно-акарицидные свойства, микрокапсулирование

In the modern world, textile and finishing production can not be competitive without the introduction of new technologies and innovative solutions. The article deals with the introduction of microencapsulation technology for textile finishing, with the required quality and functional properties, which allows to obtain a unique functional-active textiles for civil and special purposes.

Keywords: smart textiles, factory of the future, functional properties, repellent acaricide properties, microencapsulation

Уходят в прошлое текстильные технологии, зародившиеся во времена Первой, Второй и Третьей промышленных революций, которые длятся уже более двух веков. На смену им приходят цифровые технологии 21 века.

Мы стоим на пороге Четвертой промышленной революции - «Индустрия 4.0», которая медленно, но верно входит в наш мир. Все свидетельствует о том, что в ближайшее десятилетие человечество погрузится в «умную» окружающую среду.

Уникальность Четвертой промышленной революции, помимо системности, темпов развития, всеохватности, заключается в растущей гармонизации и интеграции большого количества различных научных дисциплин и открытий.

Современное текстильно-отделочное производство не может быть конкурентоспособным без внедрения новых технологий и инновационных решений. «Шуйско-Тезинская фабрика «Тезинка», созданная еще во времена Первой промышленной революции, неуклонно будет осваивать инновационные технологии, продвигаясь к созданию «ФАБРИКИ БУДУЩЕГО» первого поколения, специализируясь на выпуске функциональной текстильной продукции со специальными свойствами.

На сегодняшний день ассортимент продукции включает как традиционные текстильные изделия, широко представленные на российском рынке товаров для дома, спорта и отдыха, так и уникальную продукцию с дополнительными функциональными свойствами:

- трикотаж с косметическими свойствами (нательное белье для женщин для занятий спортом и повседневной носки —омоложение и питание кожи, антицеллюлитный эффект);
- носки антимикробные и влагоотводящие, завоевавшие признание потребителей и уже заинтересовавшие силовые структуры МВД России (носки, укороченные для спорта, классические и с завышенным паголенком для обуви с высоким берцем) [1];
- защитные костюмы с акарицидно-репеллентными свойствами (для работы и прочей деятельности на свежем воздухе, защищает от клещей и кровососущих насекомых) [2];

При активном творческом взаимодействии с коллективом кафедры Химической технологии волокнистых материалов ФГБОУ ВПО «Ивановского государственного химико-технологического университета» (ХТВМ ИГХТУ), «Тезинка» претворяет инновационные идеи в жизнь.

Благодаря интеграции производственного опыта сотрудников фабрики «Тезинка» и научно-технологических знаний исследовательского коллектива кафедры ХТВМ ИГХТУ были отработаны технологии и подготовлены в выводу на рынок три ассортиментных группы продукции, содержащими инкапсулированные биологически-активные вещества (БАВ), обладающие тремя основными видами оздоравливающих эффектов:

1. антибактериальным;
 - изделия с антибактериальным эффектом обеспечивают задержку роста и развития микроорганизмов на потожировых выделениях кожи, а также дермофильной микрофлоры.
2. вентоническим и сосудорасширяющим;
 - изделия, обладающие вентоническим эффектом, предназначены для профилактики появления варикозной болезни у людей, испытывающих при работе статические нагрузки на ноги, приводящие к застою крови и депонированию её в нижних конечностях;
 - изделия, обладающие сосудорасширяющим эффектом, выражающемся в увеличении числа функционирующих капилляров и артериальных анастомозов, улучшении коллатерального кровообращения, предназначены для повышения работоспособности организма, профилактики и реабилитации пред- и постинсультных состояний.
3. ухода за кожей.
 - нательный трикотаж, чулочно-носочные изделия из материалов с эффектами ухода за кожей могут применяться для профилактики функциональных нарушений, связанных с повышенной сухостью кожи в результате перенесённых экзем, нейродермитов, возрастных изменений, негативных воздействий окружающей среды.

В настоящее время продолжается разработка технологии производства защитной одежды с репеллентно-акарицидными свойствами.

Интеграция инкапсулированных акарицидно-репеллентных веществ в структуру текстильных материалов позволит изготавливать защитные костюмы, способные осуществлять эффективную защиту от клещей, комаров, мошек и др. кровососущих насекомых, что станет эффективным методом профилактики и борьбы с различными заболеваниями, переносчиками которых они являются.

Научная новизна предлагаемых решений состоит в комплексном выявлении закономерностей, позволяющих регулировать миграционную способность БАВ и длительность проявления целебного и репеллентно-акарицидного действий посредством изменения состояния ядра микрокапсул и их полиэлектролитной оболочки, способа закрепления микрокапсул на материалах с различным волокнистым составом и во взаимосвязи с параметрами применения текстильной продукции.

Пролонгированность выделения БАВ из микрокапсул целенаправленно регулируется размером и химическим составом оболочки и может быть адаптирована под изделия различных категорий в зависимости от условий использования (продолжительности носки, условий стирок, испытываемых нагрузок).

Микрокапсулирование - современный технологический процесс, который широко используется в различных промышленных и научных областях. Для придания тканям новых свойств, микрокапсулы интегрируются в волокна материала, или закрепляются на его поверхности. Сущность процесса микрокапсулирования состоит в «окружении» активного вещества оболочкой для его стабилизации, стойкости, для защиты от воздействия окружающей среды, света, кислорода или других реагентов. Масса БАВ в микрокапсуле может составлять от 15 до 99% массы всей микрокапсулы [3].

Внедрение технологии микрокапсулирования для отделки текстиля позволяет получить уникальный продукт, с требуемыми качественными и функциональными свойствами. Область применения материалов с иммобилизованными в микрокапсулах активными веществами различного назначения обширна и социально значима. Это не только корректирующее белье, но и профессиональная одежда для людей с интенсивным режимом физической работы, туристическая одежда, одежда для фитнеса, домашний текстиль, изделия трикотажные и бельевые и пр. [4].

Следует отметить, что успешная реализация технологии в лабораторных условиях не означает беспрепятственного переноса ее в условия производства. В первую очередь это касается правильного выбора оборудования и масштабирования технологических параметров. Специфика выпуска нового продукта требует доработки и модификации технологических процессов под имеющееся на предприятии оборудование с учетом мощности конкретного производства, особенностей используемого сырья, требований к конечной продукции. Существенно сократить этот этап может создание на самом производстве экспериментального стенда, а, в последствии, и инновационного производственного участка (ИПУ) на предприятии «Шуйско-Тезинская фабрика «Тезинка».

На реконструируемых площадях «Тезинки» будет организовано производство «умного» текстиля (Smart-Textiles). Инновационный производственный участок станет первым звеном в технологической цепочке пилотного проекта «ФАБРИКИ БУДУЩЕГО» первого поколения.

Создаваемая инновационная функциональная текстильная продукция, обладающая уникальными свойствами, позволит «Шуйско-Тезинской фабрике «Тезинка» быть конкурентоспособной не только на российском рынке, но и обеспечит возможность выхода на новые рынки, в том числе и зарубежные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носок лечебный (Варианты): пат. 2575760 Рос. Федерация. № 2014151816/12/ Королев Д.С., Королев С.В., Королева Л.Ю., Крутских Е.В., Мирибян Т.М. ; заявл. 22.12.14 ; опубл. 20.02.16, Бюл. № 5
2. Одежда для защиты человека от кровососущих клещей и летающих кровососущих насекомых: пат. 2625432 Рос. Федерация. № 2016129496/ Королев Д.С., Королев С.В., Козлова О.В., Крутских Е.В., Муратова Н.Н., Одинцова О.И., Петрова Л.С., Прохорова А.А. ; заявл. 19.07.16 ; опубл. 13.07.17, Бюл. № 20
3. Кузьменко В.А., Одинцова О.И., Русанова А.И., Малышева К.А. Современное состояние и перспективы развития ароматной отделки текстильных материалов (обзор) // Химия растительного сырья. 2015. № 1. С. 15-27.
4. Способ производства текстильного материала, содержащего нано- и микрокапсулированные биологически активные вещества с замедленным высвобождением: пат. 2596452 Рос. Федерация. № 2015122221/12/ Одинцова О.И., Королев С.В., Кузьменко В.А., Владимирцева Е.Л., Козлова О.В., Королев Д.С., Крутских Е.В., Муратова Н.Н., Одинцова Л.С., Прохорова А.А., Никифорова Т.Е. ; заявл. 10.06.15 ; опубл. 10.09.16, Бюл. № 25

ПОЛУЧЕНИЕ НЕТКАНОГО ГЕМОСТАТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВОЛОКОН ИЗ ХИТОЗАНА

THE OBTAINING OF NON-WOVEN HEMOSTATIC MATERIAL MADE OF CHITOSAN FIBERS

Е.Н. Маевская¹, Е.Н. Дресвянина^{1,2}
E.N. Maevskaia¹, E.N. Dresvyanina^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

² Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

¹ Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University

² Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

e-mail: ma.eka@yandex.ru, elenadresvynina@gmail.com

Данная работа посвящена созданию и исследованию свойств резорбируемого гемостатического материала на основе волокон из хитозана. Исследована молекулярная масса различных образцов хитозана. Полифиламентные хитозановые нити получены коагуляционным методом на лабораторной установке ИВС РАН и проведены механические испытания нитей, на основе которых определены оптимальные условия формирования хитозанового волокна. Из хитозановых нитей методом тглопробивания получен нетканый кровоостанавливающий материал и исследована его эффективность *in vivo*.

Ключевые слова: хитозан; молекулярная масса; мокрый метод формирования; волокна; механические характеристики; гемостатический материал.

This work is about the creation of biodegradable hemostatic material based on chitosan fibers and study of its characteristics. Different chitosan samples' molecular mass are researched. Polyfilament fibers are obtained by wet spinning using the equipment of IMC RAS and the mechanical inquiries are carried out on which the optimal spinning parameters of chitosan fiber are discovered. The non-woven hemostatic material made of chitosan fibers is developed by needle-punching and its efficiency is tested *in vivo*.

Keywords: chitosan; molecular mass; wet spinning; fibers; mechanical characteristics; hemostatic material.

Актуальной проблемой современной медицины является возникновение кровотечений в процессе хирургического вмешательства, а также после его прекращения. Ввиду этого существует большое разнообразие методов остановки кровотечений, среди которых выделяют механические, химические, термические. Однако наибольшее внимание уделяется местным гемостатическим средствам, имеющим локальное действие, за счёт удобства их использования, безопасности, доступности. Несмотря на обширный рынок препаратов, нет универсальных гемостатических средств [1], вследствие чего их разработка является важной задачей современной медицины, особенно учитывая слабую конкурентоспособность отечественных гемостатических материалов по сравнению с их зарубежными аналогами.

Материалы на основе хитозана являются перспективными для использования в качестве кровоостанавливающих средств, так как они обладают биосовместимостью, отсутствием цитотоксичности, собственными гемостатическими свойствами и, что немаловажно, биоразлагаемостью [2-4], что позволяет исключить повторные операции по удалению материала из тела пациента.

Целью работы является получение и исследование свойств резорбируемого гемостатического материала на основе волокон из хитозана.

Для получения нетканого материала было проведено сравнение полимеров различных фирм и стран-производителей с разными значениями молекулярной массы. Их характеристики представлены в табл. 1.

Характеристики используемых образцов хитозана

№ образца	Наименование	Страна-производитель	Сырьё
1	Биопрогресс	Россия	Крабы
2	Хитозановые технологии	Россия	Крабы
3	BioHerpe	Германия	Крабы
4	BioHerpe	Германия	Креветки

Измерение молекулярной массы хитозана проводилось вискозиметрическим методом, суть которого заключается в измерении времени истечения раствора полимера через капилляр вискозиметра, помещённого в термостат при температуре 20°С. Зная заранее измеренную величину времени истечения растворителя, находится удельная вязкость – отношение разности времён истечения раствора и растворителя к времени истечения растворителя.

Далее, следует построение зависимости приведённой вязкости (отношение удельной вязкости к концентрации полимера в растворе) от концентрации хитозана, в результате чего находится характеристическая вязкость $[\eta]$ как пересечение линейной аппроксимации полученных экспериментальных точек с осью ординат. С помощью полученного значения находят молекулярную массу по формуле Марка-Хуавинка [5]:

$$[\eta] = K \cdot MM^\alpha,$$

где MM – искомая молекулярная масса;

K , α – коэффициенты, которые постоянны для данного полимера в данном растворителе. Для хитозана, растворённого в уксусной кислоте и хлориде натрия, они соответственно равны $3,44 \cdot 10^{-5}$ и 1,02.

Для получения нитей хитозан растворялся в 2% водном растворе уксусной кислоты при постоянном перемешивании, полученные растворы фильтровали и обезвоздушивали при давлении 0.1 атм.

Формование волокон осуществляется мокрым методом на лабораторной установке ИВС РАН, схема которой представлена на рисунке 1. Раствор подаётся с помощью шприцевого насоса через фильеру с одним отверстием диаметром 0,6 мм для получения монофиламентных нитей и 100 отверстиями диаметром 0,1 мм каждое для получения полифиламентных нитей в осадительную ванну со спирто-щелочной смесью (10%-й водный раствор NaOH и C₂H₅OH в соотношении 70:30). В процессе прохождения волокна через осадительную ванну низкомолекулярные компоненты переходят в ванну из волокна и наоборот, за счёт чего происходит застуднение полимера. После выхода волокна из осадительной ванны оно промывается дистиллированной водой и проходит через систему роликов, за счёт чего подвергается фильерной и пластификационной вытяжке.

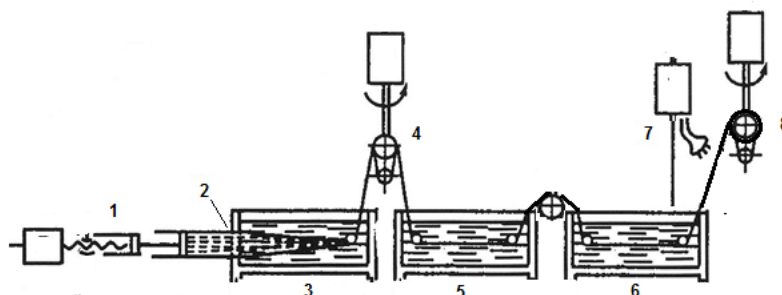


Рис. 1. Схема установки для формования волокон. 1 – подача раствора; 2 – прохождение раствора через фильеру; 3 – осадительная ванна; 4,8 – ролики; 5,6 – промывочные ванны; 7 – система просушки.

Для анализа характеристик получаемых нитей при различных условиях формования были проведены механические испытания на разрывной машине Instron 5943 после

предварительной выдержки волокна при нормальных климатических условиях (относительной влажности 66 % и температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$) не менее 24 часов.

Для изготовления нетканого гемостатического материала были получены полифиламентные нити, которые затем гофрировались и нарезались, штапельная длина волокон составляла 80 мм, общая масса штапельных волокон – не менее 20 г. Методом иглопробивания на установке кафедры технологии и проектирования текстильных изделий СПбГУПТиД был получен нетканый материал.

Для определения гемостатического эффекта полученного нетканого материала были проведены опыты *in vivo* на крысах. Для экспериментов использовали самцов белых крыс Wistar в соответствии с правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных (принципы Европейской конвенции, Страсбург, 1986 г., и Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации о гуманном обращении с животными, 1996 г.). Масса подопытных животных составляла 200-250 г, возраст – 6 месяцев.

Было измерено время остановки кровотечения полученных нетканых материалов из хитозановых волокон при перфорировании печени на 3 мм и рассечении бедренной вены крысы. Для изучения эффективности и безопасности материала образцы были вшиты в подопытных крыс, наблюдение за которыми продолжалось в течение месяца.

В процессе определения молекулярной массы образцов хитозана были построены зависимости приведённой вязкости от концентрации полимера (рис.2), по которым была определена характеристическая вязкость и найдена молекулярная масса (табл. 2). На основе этих данных в дальнейшем была определена оптимальная концентрация полимера в растворе для получения из него волокон мокрым методом.

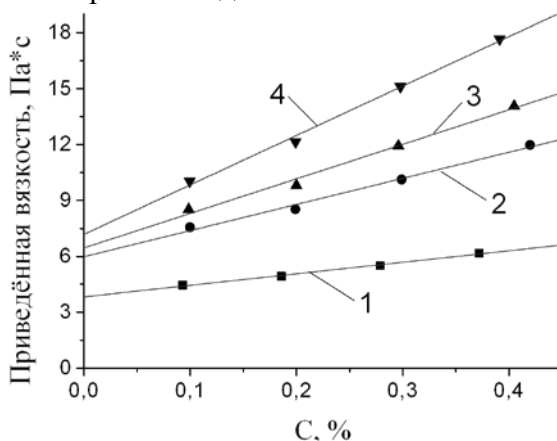


Рис. 2. Зависимость вязкости раствора от концентрации хитозана, где 1-4 – различные образцы хитозана (см. табл. 2)

Таблица 2

Результаты измерений молекулярной массы и степени деацетилирования различных образцов хитозана

№ образца	Производитель	Молекулярная масса, кДа	Оптимальная концентрация полимера в растворе, %
1	Биопрогресс	$88,6 \pm 4,4$	6,3
2	Хитозановые технологии	$137,3 \pm 6,9$	6
3	Biolog Нерре – крабы	$148,9 \pm 10,4$	5
4	Biolog Нерре – креветки	$164,2 \pm 9,8$	4

Коагуляционным способом были получены монофиламентные волокна на основе хитозана. Формование происходило при скорости подачи 0,2 мл/мин при различных значениях фильерной вытяжки. Однако её максимальные значения отличались, составив 100% для хитозана с наибольшей молекулярной массой, 50% - с наименьшей и 75% - для промежуточных значений. Результаты представлены на рис. 3-5.

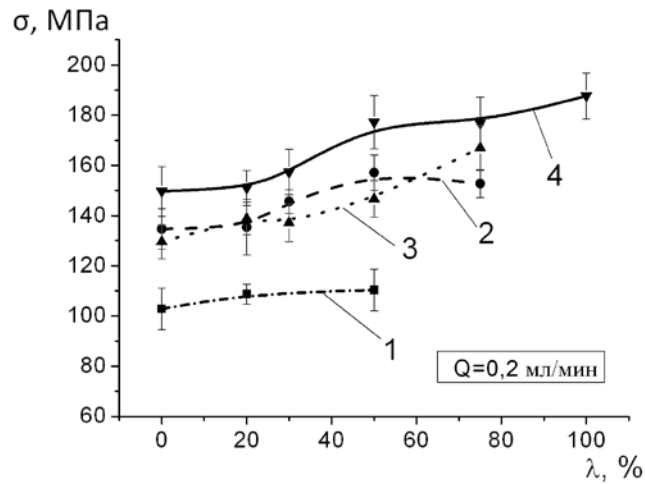


Рис. 3. Зависимость разрывного напряжения волокна от фильерной вытяжки для полимеров с различной молекулярной массой

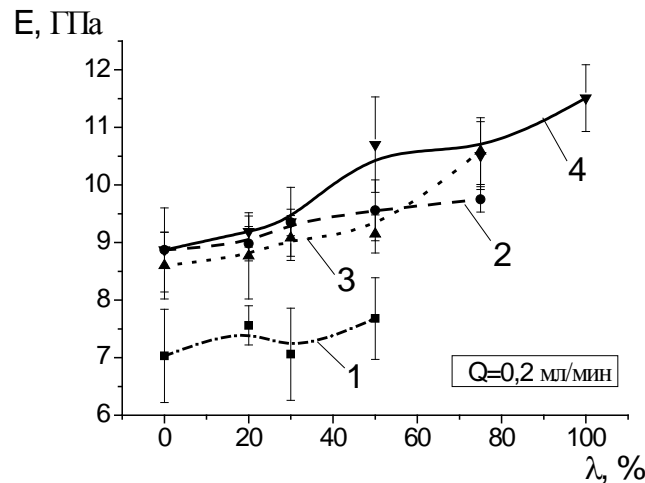


Рис. 4. Зависимость модуля Юнга волокна от фильерной вытяжки для полимеров с различной молекулярной массой

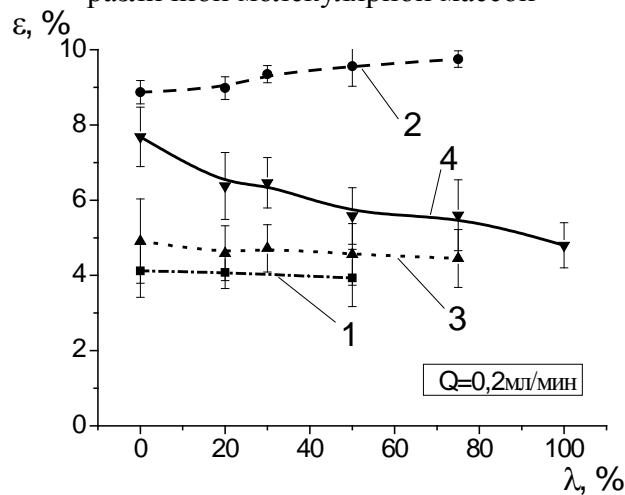


Рис. 5. Зависимость относительной деформации волокна от фильерной вытяжки для полимеров с различной молекулярной массой

Можно заметить, что повышение молекулярной массы хитозана приводит к улучшению механических характеристик получаемых волокон, как и увеличение фильерной вытяжки, что происходит ввиду ориентации макромолекул вдоль волокна.

Таким образом, было установлено, что наилучшими механическими свойствами обладают нити, полученные из полимера с наибольшей молекулярной массой (164 КДа) со скоростью подачи 0,2 мл/мин. Вытяжки 50% уже достаточно для образования ориентированной структуры нити, её дальнейшее увеличение не приводит к значительному росту механических характеристик. В связи с этим, полифиламентное волокно было изготовлено при данных условиях с использованием фильеры со 100 отверстиями диаметром 100 мкм. Диаметр полученных элементарных нитей составлял ~ 10 мкм.

Полученный методом иглопробивания нетканый материал был исследован *in vivo*, для сравнения были взяты два коммерчески доступных материала («Surgicel» и «Тахокомб») и лиофилизированные хитозановые губки, методика получения которых описана в работе [6].

Для измерения времени остановки крови было произведено перфорирование печени на 3 мм и рассечение бедренной вены. Время засекалось от момента приложения материала до полной остановки кровотечения. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Время остановки кровотечения в зависимости от используемого материала и места применения

Материал	Время остановки крови, с	
	Бедренная вена	Печень
Нетканый материал на основе волокон из хитозана	73,4±18,3	46,80±6,11
Губки из хитозана, полученные методом лиофилизации	60,9±2,5	55,86±2,04
«Surgicel»	48,8±2,8	39,20±3,08
«Тахокомб»	78,67±1,08	89,2±1,4
Контроль	196,2±7,7	83,7±1,6

Можно отметить, что материалы из хитозана сопоставимы по времени остановки крови с коммерчески доступными гемостатическими материалами, такими как «Surgicel» и «Тахокомб». Однако последний оказался крайне неудобным для использования из-за сильного прилипания к инструментам и перчаткам. К тому же, его отличает высокая стоимость, составляющая около 14000 рублей за губку размером 2,5x3,0x0,5 см³. Материалы на основе хитозана показали схожие результаты, однако нетканый материал имел лучшую адгезию к ране и через него, в отличие от губки, не просачивалась кровь.

Для дальнейших испытаний материалы были вшиты в крыс в местах их применения. Для каждой группы были взяты по три крысы (самцы). Спустя месяц после вшивания материалов из эксперимента было выведено по одной крысе из каждой группы. За исключением крысы, в которую была вшита губка «Тахокомб», результаты показали отсутствие воспаления на месте использования материала, а также повторного кровотечения и осложнений. На данный момент все остальные крысы живы, и за ними продолжается наблюдение.

Получены волокна и нити из хитозана по коагуляционному методу. Формование проводилось из 2% уксусно-кислотного раствора полимера в спирто-щелочной среде. Проведено исследование влияния молекулярной массы и степени ориентационной вытяжки на структуру и механические свойства волокон. Определены оптимальные параметры процесса формования. При формовании монофиламентных нитей из растворов хитозана с молекулярной массой 164 кДа ориентационная вытяжка достигала 100%, а полученные монофиламенты имели следующие характеристики при испытании на растяжение: прочность $\sigma=188,0\pm 9,1$ МПа, модуль Юнга $E=11,5\pm 0,6$ ГПа, удлинение при разрыве $\epsilon=4,8\pm 0,6$ %.

Из полученных (с учётом оптимальных условий формования монофиламента), полифиламентных нитей был изготовлен нетканый материал, который был испытан *in vivo*, показав свою эффективность в остановке кровотечений, ввиду чего он может стать альтернативой для существующих на данный момент на рынке кровеостанавливающих

материалов. Так как хитозан обладает свойством биodeградации, разработанный нетканый материал из него может быть использован для остановки кровотечения при внутриволокнистых операциях.

Исследование поддержано грантом РФФИ № 14-33-00003.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таркова А.Р., Чернявский А.М., Морозов С.В., Григорьев И.А., Ткачева Н.И., Родионов В.И. Гемостатический материал местного действия на основе окисленной целлюлозы // Сибирский научный медицинский журнал. 2015. С. 11-15.
2. Rinaudo M. Chitin and chitosan: Properties and applications // Prog. Polym. Sci. 2006. Vol. 31. P. 603–632.
3. Kato Y., Onishi H., Machida Y. Application of Chitin and Chitosan Derivatives in the Pharmaceutical Field // Current Pharmaceutical Biotechnology. 2003, Vol. 4. P. 303-309.
4. Chan L.W., Kim C.H., Wang X., Pun S.H., White N.J., Kim T.H. PolySTAT-modified chitosan gauzes for improved hemostasis in external hemorrhage // Acta Biomaterialia. Vol. 31. 2016. P. 178-185.
5. Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений / С.Р. Рафиков, С.А. Павлова, И.И. Твердохлебов. Москва, Издательство Академии Наук СССР, 1963. 336 с.
6. Попрядухин П. В., Юкина Г. Ю., Суслов Д. Н., Добровольская И. П., Иванькова Е. М., Юдин В. Е. Биорезорбция пористых 3D – материалов на основе хитозана // Цитология. 2016. Т.58. №10. С.771–777.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТРОЕНИЯ
МУЛЬТИАКСИАЛЬНОЙ ТКАНИ ПО ЕЁ МИКРОСРЕЗУ**

**INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF MULTIAXIAL TISSUE STRUCTURE BY
ITS MICROSOFT**

Е.О. Грузина, Т.Ю. Карева

E.O. Gruzina, T.Yu. Kareva

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnic University

E- mail: ktju@bk.ru

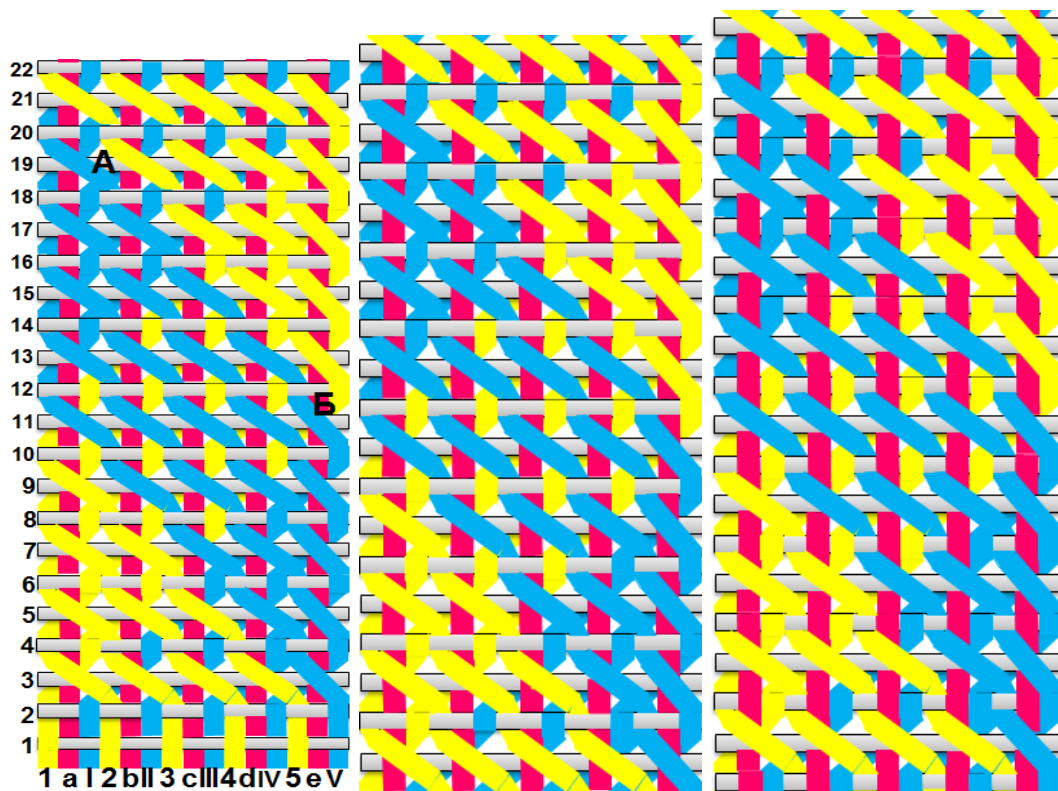
В статье представлен материал по развитию исследований в области особенностей структур отечественных мультиаксиальных тканей. Проведены исследования строения трехосных тканей с дополнительными нитями основы(мультиаксиальных), рассмотрены возможные структуры мультиаксиальных тканей в зависимости от положения дополнительных нитей основы, (центральной системы)относительно нитей утка, и для одного из вариантов структуры, выполнены микросрезы вдоль трех систем нитей основы и одной системы нитей утка.

Ключевые слова: мультиаксиальная ткань, структура, дополнительные нити основы, микросрезы вдоль основы и утка.

The article presents material on the development of research in the field of peculiarities of the structures of domestic multiaxial tissues. Investigations of the structure of triaxial tissues with additional warp threads (multiaxial) in their structure were carried out. The possible structures of multiaxial fabrics depending on the position of additional warp yarns (central system) relative to the weft threads and for one of the structure variants are made, microsections along three systems of warp yarns and this system of weft threads are performed.

Keywords: multiaxial fabric, structure, additional warp threads, microsections along the base and duck.

В Российской Федерации, как было отмечено нами ранее [1], проводились исследования по разработке структуры трехосных тканей и модернизации ткацких станков для их производства, вначале для структуры ткани, в которой нити основы перемещаются относительно друг друга на несколько шагов, затем для трехосной ткани, в которой каждая из нитей основы взаимодействует со всеми нитями основы по всей ширине ткацкого станка. Дальнейшее свое развитие трехосные структуры получили в виде мультиаксиальных тканей, то есть тканей, в которые вводится дополнительная система основных нитей. При этом в трехосной структуре две системы основных нитей не располагаются перпендикулярно к утку, а под определенным углом к нему и друг другу, а дополнительная система нитей основы находится в ткани ортогонально нитям утка. На рис. 1а,б,в представлены рисунки переплетений трех мультиаксиальных тканей, в которых дополнительная система основных нитей :а) располагаясь перпендикулярно нитям утка не переплетается с ним; б) располагаясь перпендикулярно к нитям утка переплетается с ним по закону переплетения верхней системы нитей основы; в) располагаясь перпендикулярно к нитям утка переплетается с ним по закону переплетения нижней системы нитей основы.



а) б) в)
Рис.1. Рисунки переплетений мультиаксиальной ткани

Для исследования взаимного расположения нитей в ткани были выполнены микросрезы мультиаксиальной ткани с дополнительной системой нитей основы, которая не переплетается с нитями утка, а располагается под ним. Микросрезы проводились вдоль условно верхней системы нитей основы, вдоль условно нижней системы нитей основы, вдоль дополнительной системы нитей основы (красная) и вдоль нитей утка (белая). На рис. 2 представлены микросрезы мультиаксиальной ткани вдоль нитей утка.

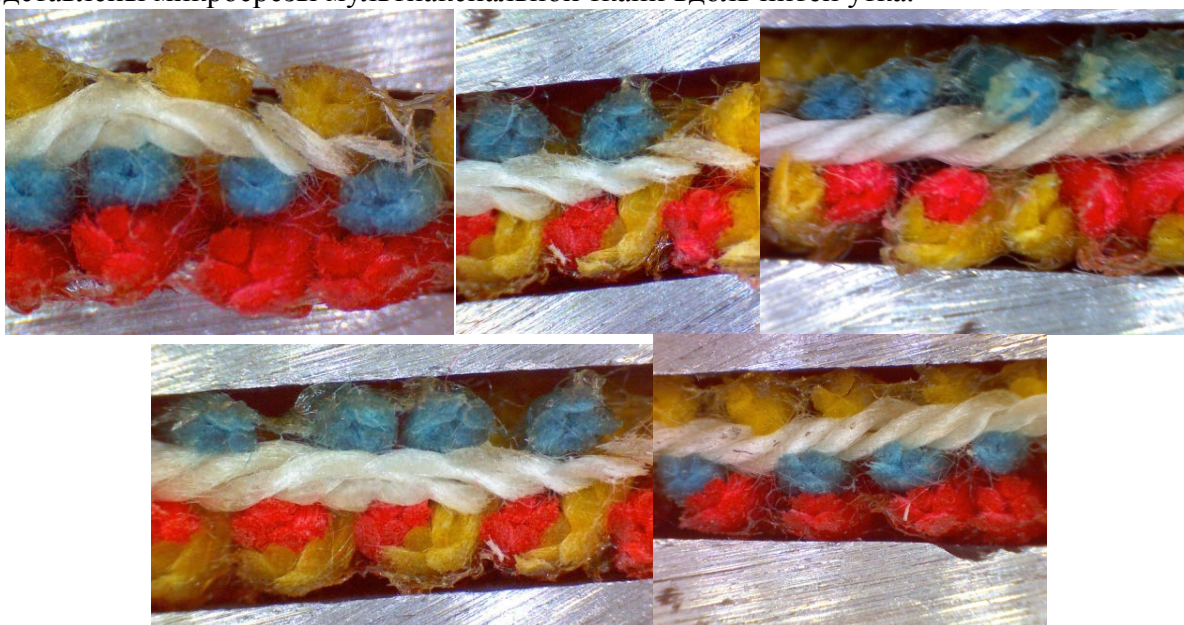


Рис.2. Микросрезы мультиаксиальной ткани вдоль нитей утка

Как видно из рисунка, уточная нить практически не уработывается в ткани, и лежит прямолинейно между нитями основы условно верхней и нижней систем, которые

перемещаются по ширине ткацкого станка и взаимодействуют друг с другом, одновременно переплетаясь с нитями утка полотняным переплетением. При этом нити дополнительной основы (красная) располагаются под уточной нитью и, либо ниже, либо выше условно нижней системы нитей. Такое расположение дополнительной системы основных нитей связано с тем, что она будет находиться выше условно нижней системы основных нитей только тогда, когда нижняя система образует нижнюю ветвь зева. При своем движении верхняя система основных нитей, для создания верхней ветви зева прихватывает (удерживает) дополнительную систему основных нитей и при следующем прокладывании уточной нити, уже дополнительная система основных нитей будет ниже.

На рис.3 представлены разрезы между нитями утка, т.е. в месте когда нити одной из систем переходят с одной стороны тканного полотна на другую.



Рис.3. Разрез ткани в промежутке между уточными нитями

На рис. 4 представлены разрезы мультиаксиальной ткани вдоль верхней и нижней систем нитей основы, т.е. разрезы по диагонали тканного полотна (т.к. нити основы располагаются к нитям утка под углом). Как видно из рисунков, нити утка располагаются на одном уровне, т.е. практически не урабатываются в ткани, что соответствует положению уточных нитей на рис.2. Нити основы верхней и нижней систем урабатываются больше, чем нити центральной системы основных нитей. Следовательно дополнительная системы основных нитей должна располагаться на ткацком станке на отдельном ткацком навое. Из рисунка видно что нити основы верхней и нижней систем переплетаются с нитями утка и взаимодействуют друг с другом.



Рис.4. Разрез ткани вдоль условно нижней и верхней систем основных нитей

На рис.5 представлены разрезы мультиаксиальной ткани вдоль дополнительной (центральной) системы основных нитей. Из рисунка видно, что нити основы не переплетаются с нитями утка, а располагаются ниже их, прихватываются нижней системой основных нитей. Как видно из рисунка дополнительная (центральная) система основных нитей не выходит на лицевую сторону, а располагается с изнаночной стороны. Таким образом, ввод дополнительной системы основных нитей позволит иметь на поверхности ткани (лицевой или изнаночной) требуемый материал для обеспечения свойств текстильного полотна с его лицевой или изнаночной стороны.

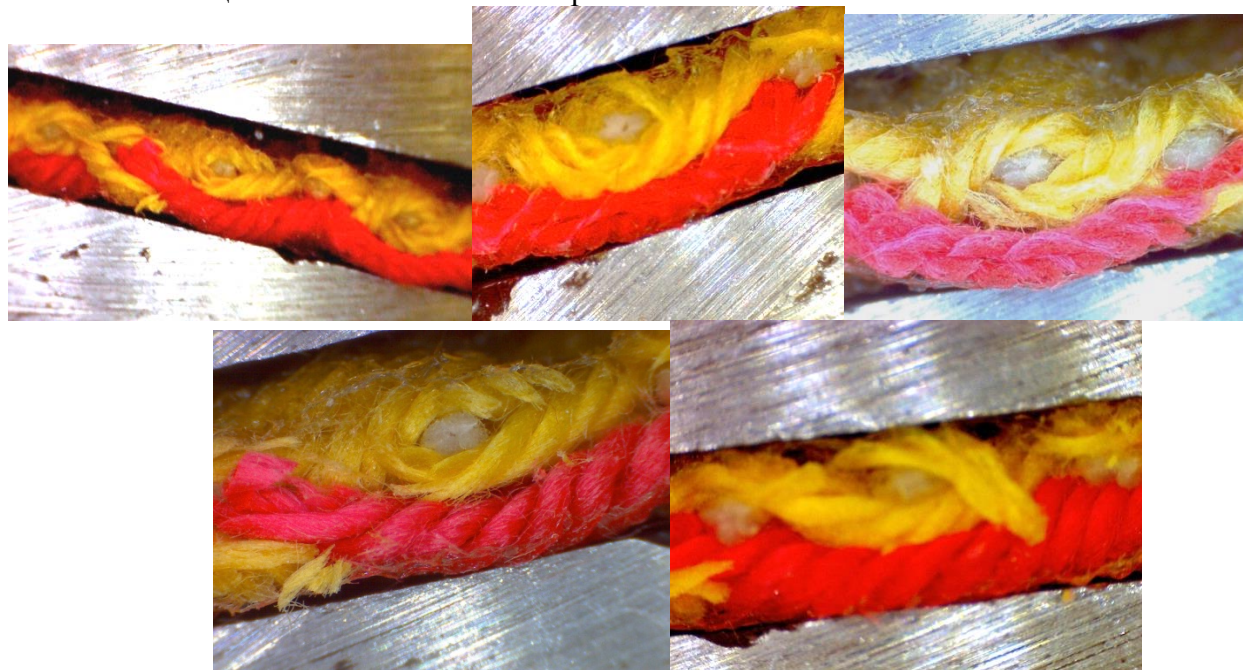


Рис.5. Разрезы мультиаксиальной ткани вдоль дополнительной системы основных нитей

ВЫВОДЫ:

Анализ выполненных микросрезов позволил определить что:

- дополнительная система основы урабатывается в ткани значительно меньше, чем нити основы верхней и нижней систем, а, следовательно, при разработке ткацкого станка для производства мультиаксиальной ткани следует учесть наличие дополнительного навоя для центральной системы основных нитей;
- дополнительная система нитей основы находится только на одной стороне тканого полотна (на лицевой или изнаночной), так как при прокладывании уточной нити центральная система основных нитей находится сверху или снизу ее;
- положение дополнительных нитей основы в тканом полотне обеспечивается только за счет прихватывания ее одной из систем нитей основы, в случае если она не переплетается с нитями утка;
- нити утка располагаются в ткани прямолинейно (не урабатываются) за счет взаимного и равного давления на него верхней и нижней систем основы, которые имеют равные и наибольшие уработки из всех нитей, участвующих в образовании мультиаксиальной ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грузина Е.О., Карева, Т.Ю. Особенности развития отечественных структур трехосных тканей/ Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы. -2017.№1(1).с.230-233.

АНАЛИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ МОМЕНТА СТАТИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ВАЛКОВЫХ МОДУЛЯХ

ANALYSIS OF COMPONENTS OF STATIC MOMENT OF RESISTANCE IN THE ROLLER MODULES

А.В. Крылов, Ю.Г. Фомин, А.А. Тувин
A.V. Krylov, Y.G. Fomin, A.A. Tuvin

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: Alekseykrylov9237@gmail.com

В данной статье выполнен анализ составляющих момента статического сопротивления в жале валов модуля. В результате получена диаграмма составляющих момента сопротивления для элементов привода машины и построены графики зависимостей тяговых усилий от различных факторов.

Ключевые слова: валковый модуль, момент статических сопротивлений, коэффициент трения, сила инерции, потребляемая мощность.

In this article, the analysis of the components of the static resistance moment in the shaft of the module is performed. As a result, the diagram of the components of the moment of resistance for the drive elements of the machine and the graphs of the dependence of the traction forces on various factors.

Keywords: roll module, static resistance moment, friction coefficient, inertia force, power consumption.

Для реализации технологических процессов обработки текстильных материалов энергоресурсы привода валковой машины должны обеспечить компенсацию затрат на преодоление полезных и вредных сопротивлений.

Момент сопротивления, приведённый к валу электродвигателя:

$$M_c = M_{эм} - M_{тр} = \frac{N_H}{\omega_H} = 3 \cdot U_H \cdot J_H \cdot \cos Y_H \cdot \eta_H / \omega_H, \quad (1)$$

где $M_{эм}$ - электромагнитный момент двигателя;

$M_{тр}$ - момент на преодоление сил трения в подшипниках и вентиляторе двигателя (составляет 1...2 % от $M_{эм}$);

U_H и J_H - номинальное напряжение, и ток в цепи обмотки электродвигателя;

η_H и $\cos Y_H$ - КПД и косинус двигателя;

ω_H - угловая скорость вала двигателя.

Для определения характера распределения $M_{эм}$ по кинематическим элементам приводов плюсовки ПД - 140 - 10 и отжима ОТ - 140 - 6 в цепь электродвигателя подключались измерительные приборы (амперметр и вольтметр) и элементы привода поочерёдно отключались.

В результате проведённых замеров установлено, что часть $M_{эм} = M_c$, приходящаяся на жало валов, составляет от 80 до 90 % (рис. 1).

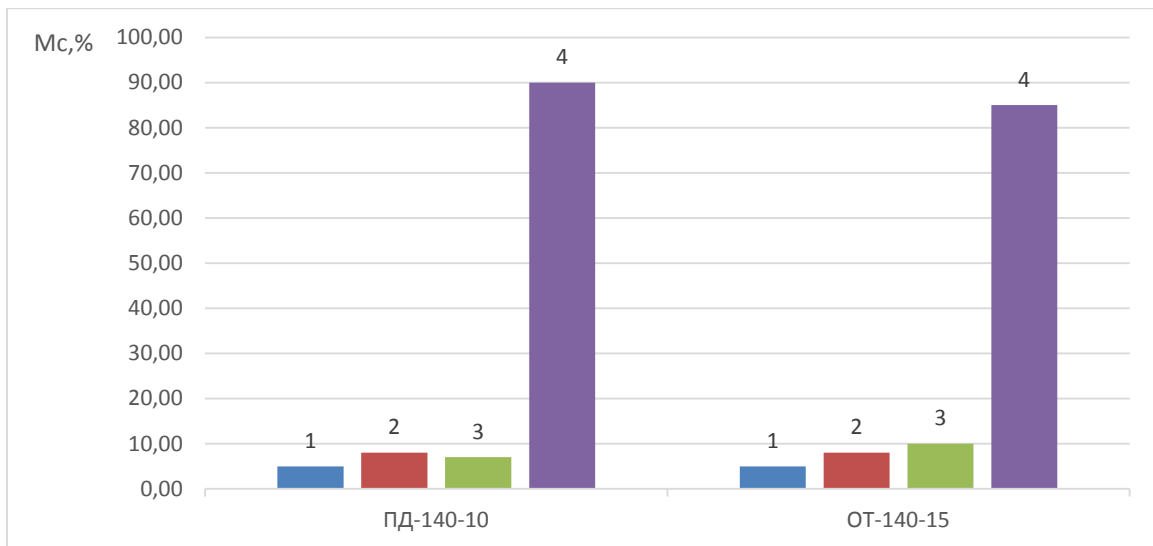


Рис.1. Диаграммы составляющих момента сопротивления для элементов привода машины 1—ременная передача; 3— подшипники валов; 2— редуктор; 4— звено валов модуля.

Доля момента сопротивления, относящаяся к ремённой передаче и редуктору, не превышает 3...4 %.

Таким образом, момент статического сопротивления вращению валов рабочего модуля машины относится к наиболее энергозатратным и имеет в своём составе несколько составляющих, основу которых составляют тяговые усилия на вращение валов F_k , преодоление трения микроскольжения $F_{мс}$, натяжения ткани $F_{нт}$ преодоления трения в подшипниках валов $F_{п}$ и их инерции $F_{ин}$ при пуске машины [1]:

$$M_{с1} = F_{сум} \cdot R_1 = [F_k + F_{мс} + F_{нт} + F_{п1} + F_{п2}] + F_{ин}] \cdot R_1, \quad (2)$$

где $F_{сум}$ – суммарное тяговое усилие;

R_1 - радиус ведущего вала модуля.

Тяговое усилие на вращение валов:

$$F_k = F_{к1} + F_{к2} = Q_{12} \cdot f_k \cdot (1/R_1 + 1/R_2), \quad (3)$$

где Q_{12} - максимальное усилие, действующее в жале валов;

f_k - коэффициент трения качения.

Усилие, необходимое для преодоления трения микроскольжения вала:

$$F_{мс} = Q_{12} \cdot f_{ск} \cdot \Psi/100, \quad (4)$$

где $f_{ск}$ - коэффициент трения скольжения;

Ψ - относительное скольжение (фрикция) валов в зоне контакта.

Усилие для компенсации натяжения ткани:

$$f_{нт} = t_{тк} \cdot B_{тк}, \quad (5)$$

где $t_{тк}$ - линейное натяжение ткани;

$B_{тк}$ - ширина обрабатываемой ткани.

Усилие на преодоление трения в подшипниках качения:

$$F_{пj} = Q_{п} \cdot f_{п} \cdot d_{вн}/D_{н}, \quad (6)$$

где $Q_{п}$ - радиальная нагрузка на подшипники вала;

$f_{п}$ - коэффициент трения в подшипниках;

$d_{вн}$ и $D_{н}$ - внутренний и наружный диаметры подшипников вала.

Сила инерции вращающихся валов:

$$F_{ин} = \pi G \cdot R_n / (60 \cdot g \cdot t_p), \quad (7)$$

здесь: G - вес вала;

g - ускорение свободного падения;

t_p - время разбега валов до рабочей скорости.

Экспериментальные исследования по оценке влияния факторов на тяговые усилия для преодоления полезных и вредных сопротивлений проводились в производственных и лабораторных условиях.

Для валкового модуля двухвальной плюсовки ПД - 180 - 2 АО «Тейковотекстиль» при нагрузках в жале валов от 10 до 70 кН, рабочей скорости 80 м / мин и диаметрах валов 250 и 300 мм получены данные для расчёта усилий F_k на вращение валов плюсовки (рис. 2).

Усилия на преодоление трения микроскольжения (фрикции) валов рассчитывались по формуле (4) на основании замеров коэффициентов трения тканей по металлу и резине на лабораторной плюсовке ПЛ - 2 / 40 с использованием методики тензометрии.

Натяжение ткани на входе в машину колеблется в пределах от 10 до 65 Н (х/б ткани) и от 15 до 90 (шерст. ткани). Экспериментальные исследования выполнены на лабораторной валковой машине КЛ - 2 / 20 (рис. 2.).

Усилия на преодоление трения в подшипниках рассчитывалось в диапазоне нагрузок в жале валов от 20 до 180 кН (плюсовка ПД - 180 - 2) в диапазоне скоростей от 30 до 100 м / мин.

Сила инерции определялась при тех же нагрузках, частотах вращения ведущего вала 120...170 об / мин и времени разгона вала до рабочей скорости от 0,05 до 0,95 сек.

Графики зависимости тяговых усилий F от факторов представлены на рис.2.

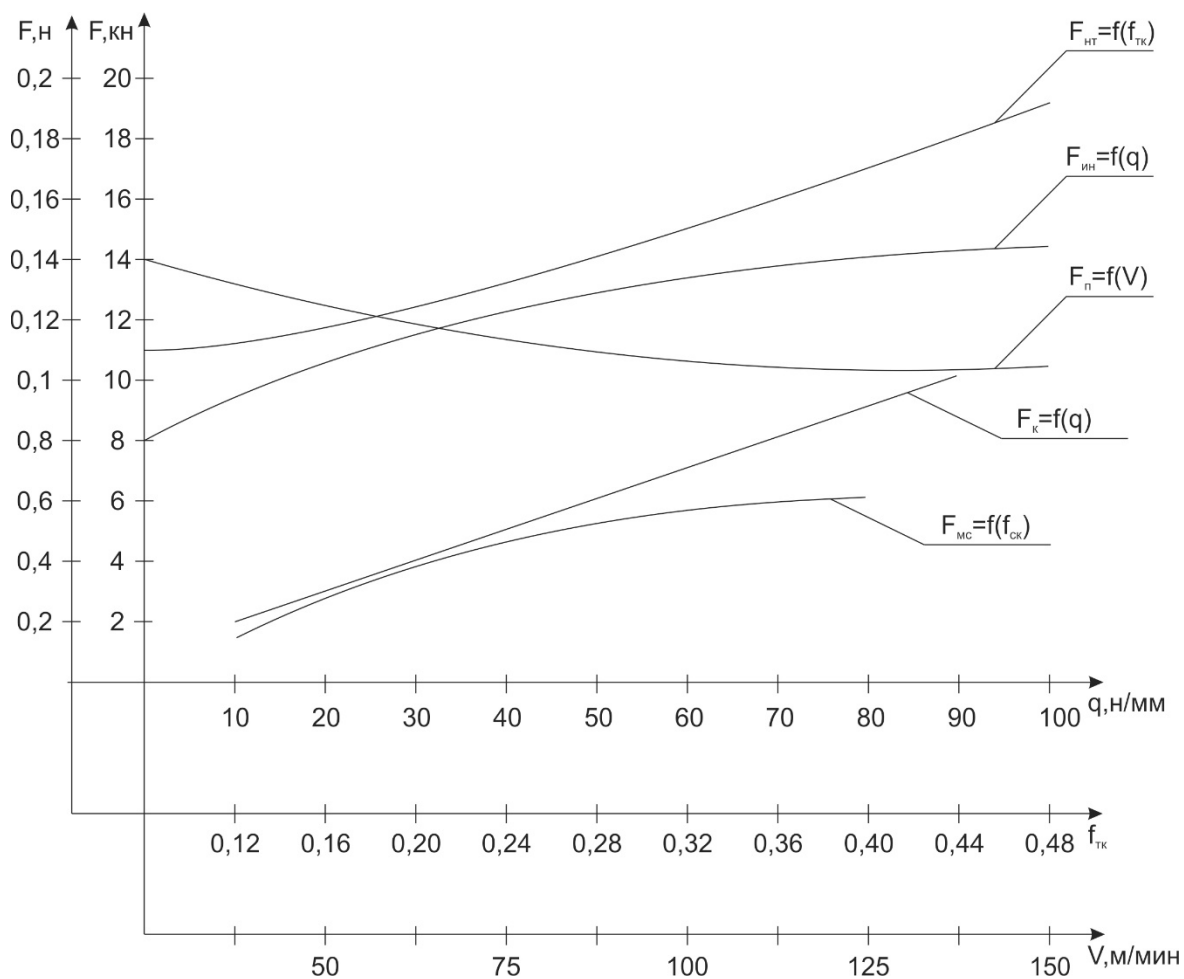


Рис.2. Графики зависимостей тяговых усилий от факторов

В результате исследований установлено:

- с ростом нагрузки в жале валов модуля q тяговое усилие F_k и потребляемая мощность возрастают, а коэффициент трения качения f_k снижается, увеличение диаметров валов способствует снижению величины тягового усилия;

- с ростом нагрузки q и коэффициента трения скольжения $f_{ск}$ усилие на преодоление трения микроскольжения $F_{тс}$ возрастает;
- повышение коэффициента трения скольжения $f_{ск}$ при изменении технологических параметров влажности, вида материала покрытия вала способствует увеличению натяжения ткани $F_{нт}$;
- увеличение рабочей скорости с 75 до 100 м / мин снижает момент на преодоление трения в подшипниках качения валов на 30 %;
- силы инерции валов повышаются при увеличении нагрузки в жале и частоты вращения и резко снижаются с ростом времени их разбега до рабочей скорости.

Потребляемая мощность на привод валкового модуля определяется из выражения:

$$N_1 = M_{c1} \cdot n_1 / 9550 \quad (8)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов, Г.К. К вопросу о расчете давления в паре валов [Текст] Г.К. Кузнецов// Изв. Вузов. Техн. текст. пром-ти. -1967, №5, С.143...147.

УДК 677.017.312

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ НЕТКАНЫХ ПЛОСКИХ СТРУКТУР МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

DETERMINATION OF A SURFACE DENSITY IN PLANAR NONWOVEN STRUCTURES USING IMAGE ANALYSIS

И.А. Суворов, С.В. Ершов
I.A.Suvorov, S.V. Ershov

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: suvorov@live.it, ershovsv.iv@yandex.ru

Авторами разработан программный комплекс, который позволяет анализировать поверхностную плотность и определять ее неравномерность в нетканых плоских структурах по изображениям их поверхности. В составе программного комплекса разработаны алгоритм бинаризации цифровых изображений плоских нетканых структур, процедура построения цветowych карт их поверхности и гистограмм распределения поверхностной плотности. Выполнен анализ изображений нетканых структур с различной поверхностной плотностью.

Ключевые слова: плоские нетканые структуры, поверхностная плотность, метод бинаризации Оцу, сегментация изображения.

The authors developed a software system that allows analyzing surface density and determining its non-uniformity in planar nonwoven structures using their surface images. As a part of the software system a binarization algorithm for digital images of planar nonwoven structures, procedures for constructing color maps of their surfaces and histograms of surface density distribution were developed. The analysis of nonwoven images with different surface density was performed.

Key words: planar nonwoven structures, surface density, Otsu binarization method, image segmentation.

Важное научно-техническое направление развития современных систем контроля качества нетканой продукции связано с автоматической обработкой изображений нетканых структур и распознаванием образов [1]. При этом практически значимые результаты анализа структурных характеристик плоских нетканых материалов в большинстве случаев могут быть получены по бинарным изображениям, которые формируются из исходных полноцветных (многоградационных). В этом случае значительно упрощается процесс

принятия решения, сокращается объем обрабатываемой информации и при современном уровне развития вычислительных средств достигается возможность работы в реальном масштабе времени.

Компьютерная обработка цифровых изображений применительно к анализу структурных характеристик плоских нетканых полотен заключается в идентификации линий волокон, образующих структуру нетканого материала. С этой целью активно используется метод бинаризации изображений, который позволяет перевести полноцветное изображение нетканой структуры в черно-белое, пиксели которого имеют только два значения – 0 и 1 [2]. В результате волокна, образующие структуру нетканого материала, представляются как светлые линии на темном фоне (или наоборот в зависимости от типа волокон), что радикально уменьшает количество лишней информации, которую приходится анализировать. Однако, процесс бинаризации всегда сопровождается появлением искажений, таких, как разрывы в линиях, потеря значащих деталей, появление шума и непредсказуемое искажение структур из-за неоднородности фона [3], что может существенно снизить точность результатов анализа.

Разработанный нами алгоритм обработки цифровых изображений плоских нетканых структур позволяет исключить дефекты, присущие традиционным методам бинаризации. Особенностью разработанного алгоритма является применение метода бинарной пороговой сегментации Оцу, который обеспечивает идентификацию линий волокон в нетканой структуре (рис. 1). Метод Оцу делит изображение нетканой структуры на составляющие его области и объекты, разделяя пиксели по определенному критерию однородности, что усиливает сигнал от интересующих нас объектов (линий волокон) и одновременно ослабляет влияние несущественных деталей изображения так, что дефекты, присущие традиционным алгоритмам бинаризации, исключаются [3].

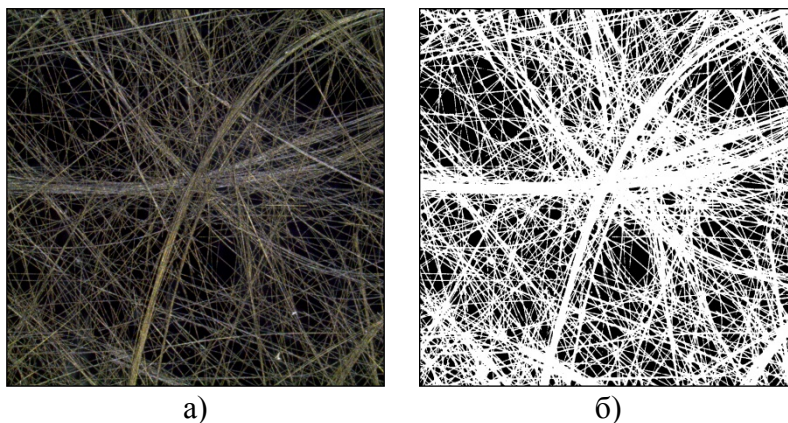


Рис.1. (а) Исходное изображение; (б) Бинарное изображение

Разработанный нами алгоритм обработки цифровых изображений плоских нетканых структур реализован в виде программного блока с использованием функций в системе MATLAB и применен для определения поверхностной плотности нетканых плоских структур по изображениям их поверхности [4].

С этой целью бинарное изображение нетканой структуры рассматривается нами как матрица точек со значениями 0 и 1, где элементы матрицы со значением 1 (белые пиксели изображения) определяют линии волокон (рис. 1б). Разрешение изображения – количество пикселей по горизонтали и вертикали ($w \times h$) – задает размер матрицы. Выделенные таким образом линии волокон в изображении позволяют определить занимаемую ими площадь в образце и оценить плотность их распределения (поверхностную плотность). В соответствие с [2] поверхностная плотность нетканых плоских структур P_s , г/м², определяется по формуле:

$$P_s = m / S, \quad (1)$$

где m – масса образца, г; S – площадь поверхности образца, м².

Принимая площадь S поверхности исследуемых образцов одинаковой и постоянной различие в плотности распределения волокон (поверхностной плотности) для образцов будет определяться различием масс m волокон, образующих нетканую структуру. В свою очередь, для плоских нетканых структур сравнение образцов по массе может быть заменено сравнением по площади, которую занимают волокна в образцах.

Площадь, занимаемая волокнами, определяется нами параметрической характеристикой k_S в долях от общей площади поверхности образца S нетканого материала. Величина k_S рассчитывается из матрицы изображения нетканой структуры как отношение числа элементов со значением 1 (белые пиксели) к общему числу элементов матрицы (общее число точек изображения) по формуле:

$$k_S = \frac{\sum white_px}{w \cdot h}, \quad (2)$$

Для определения неравномерности распределения волокон в образце нами выполняется разделение изображения на сегменты и рассчитывается параметрическая характеристика k_S для каждого из них (рис. 2). Число сегментов зависит от размера (разрешения) изображения и реальной площади нетканой структуры, которая передается этим изображением, и может быть различным. В настоящей работе нами выбрано разрешение изображения 1000×1000 пикселей, которое разработанный нами программный комплекс разбивает на 100 сегментов размером 100×100 пикселей. В соответствии с [5] такой размер изображения является достаточным для получения точных результатов, обеспечивая при этом высокую скорость расчетов.

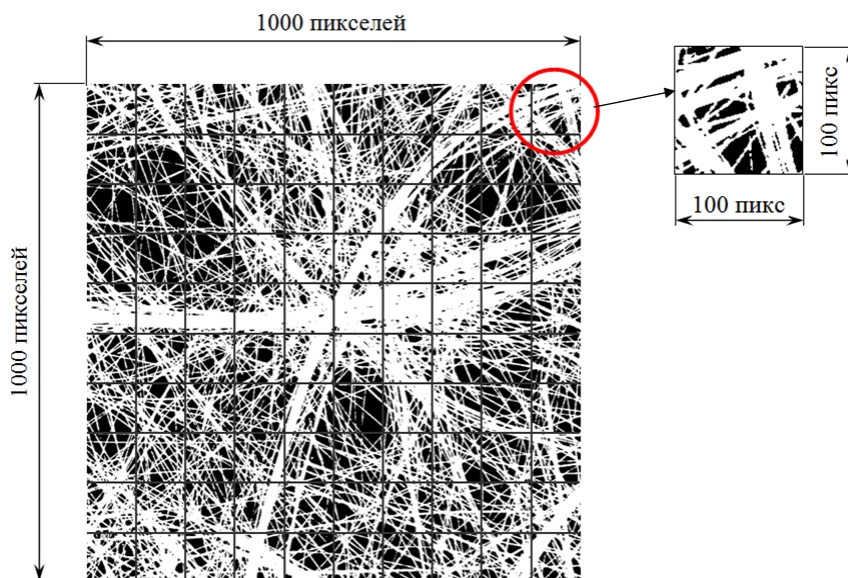


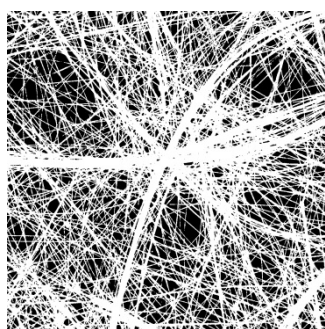
Рис.2. Сегментация бинарного изображения нетканой структуры

Исследование плотности распределения волокон с использованием разработанного нами программного комплекса было проведено для трех образцов плоского нетканого материала, изготовленного в Институте текстильной техники Технического университета г. Ахен (RWTH Aachen, Германия) из штапельного углеродного волокна аэродинамическим методом холстоформирования. Изображения, полученные для разных участков поверхности нетканого полотна с различной поверхностной плотностью, были выбраны для анализа, загружены в разработанный нами программный комплекс и обработаны в соответствии с приведенным выше алгоритмом.

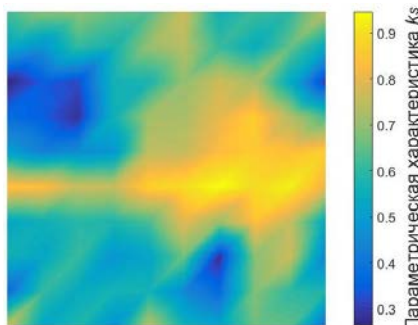
На рис. 3 (a1-a3) представлены полученные изображения исследуемых образцов нетканой структуры после примененных процедур бинаризации. На рис. 3 (б1-б3) приведены цветные карты поверхности нетканой структуры, построенные нами по сегментированным

изображениям для каждого из образцов. Цветовые карты поверхности позволяют определить расположение областей нетканой структуры с высокой и низкой поверхностной плотностью и облегчают визуальный контроль результатов анализа. Также по сегментированным изображениям исследуемых образцов нетканой структуры в виде гистограмм нами определены диапазон и частота распределения значений параметрической характеристики k_S (рис. 3 (в1-в3)). Для построения гистограмм значения параметрической характеристики k_S округлялись с точностью до 0,05.

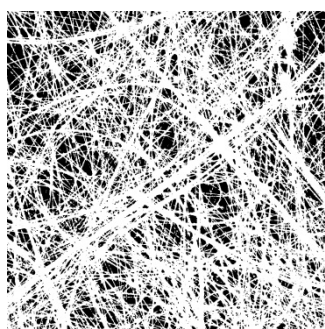
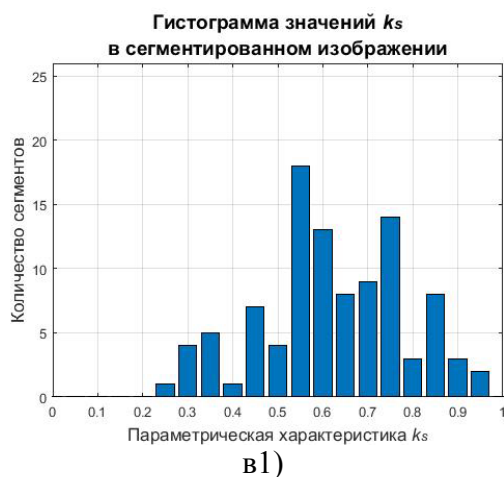
Из гистограммы (в1) на рис. 3 видно, что образец плоской нетканой структуры (а1) имеет самый широкий диапазон значений параметрической характеристики k_S среди выбранных образцов. Распределение значений k_S по сегментам изображения нетканой структуры (а1) лежит в диапазоне (0,25...0,95), при этом 18 сегментов (наибольшее количество) имеют значение $k_S=0,55$. Для образцов (а2) и (а3) (рис. 3) диапазон значений параметрической характеристики k_S сокращается до (0,4...0,9) и (0,55...0,9), соответственно. При этом пиковое количество сегментов изображений с равными значениями k_S увеличивается. Для изображения (а2) 20 сегментов имеет значение $k_S=0,75$, а для изображения (а3) 25 сегментов имеет значение $k_S=0,8$.



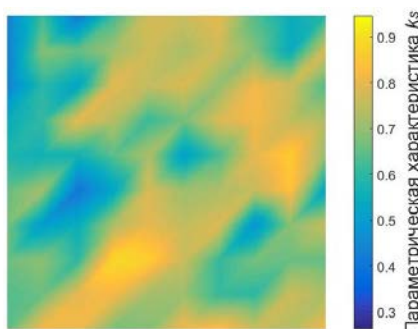
а1)



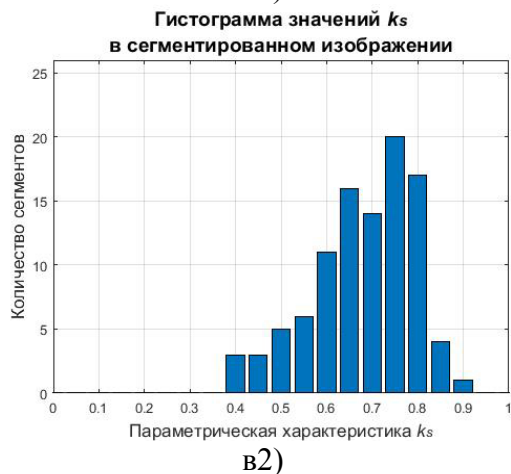
б1)



а2)



б2)



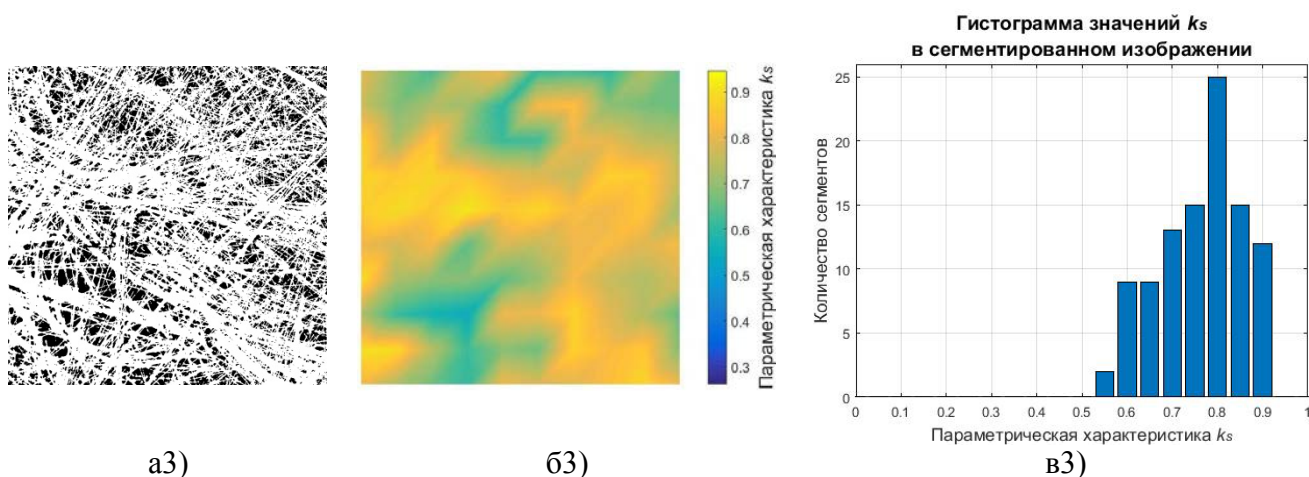


Рис.3. Результаты анализа изображений нетканых структур с различной поверхностной плотностью

Таким образом, достоверность результатов проведенного нами анализа изображений нетканых плоских структур и полнота полученных данных, характеризующих распределение волокон, позволяют сделать вывод об эффективности использования разработанного нами программного комплекса для оценки плотности распределения волокон в плоских нетканых материалах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов С.В., Калинин Е.Н., Тидт Т. Анализ направленности углеродных волокон в реальных нетканых структурах технического назначения // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №6, С. 189 – 193.
2. Грузинцева Н.А, Грушина Ю.С., Павлов С.В., Гусев Б.Н. Совершенствование методики компьютерного исследования поверхности теплоизоляционных строительных материалов // Приволжский научный журнал. – 2017, №2(42), С. 98 – 105.
3. Gonzales R.C., Richard R.E. Digital Image Processing / Pearson Education. – 2012, 1104 p.
4. Ершов С.В., Суворов И.А., Калинин Е.Н. Анализ плотности распределения волокон в нетканых плоских структурах по изображениям их поверхности // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №2, (в печати).
5. Ершов С.В., Калинин Е.Н. Влияние пиксельной характеристики цифровых изображений нетканых структур на точность результатов их компьютерного анализа // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №6, С. 243 – 247.

НОВЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ С ВИЗУАЛЬНЫМ ЭФФЕКТОМ ОБЪЕМНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР

NEW METHODS FOR CONSTRUCTION COMBINED WEAVES WITH A VISUAL EFFECT OF THREE-DIMENSIONAL GEOMETRIC SHAPES

Г.И. Толубеева, Д.А. Мирошниченко
G.I. Tolubeeva, D.A. Miroshnichenko

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: tolubeevi@yandex.ru, Denis.M.Ivanovo@yandex.ru

В статье рассматриваются усовершенствованные способы построения комбинированных переплетений, позволяющих получить на однослойной ткани визуальный эффект объемных зигзагов и новые способы построения переплетений, позволяющих получить визуальный эффект объемных выпуклых и вогнутых поверхностей. Приведены примеры переплетений с оптимальными параметрами построения, полученных авторскими способами, защищенными патентами Российской Федерации на изобретения.

Ключевые слова: саржа, сатин, комбинированное переплетение, визуальный эффект, объемные зигзаги, сдвиг вершин, объемные полусферы, радиус, новый способ, автоматизированное построение.

The article considers the improved methods of construction of combined interlacing, allowing to obtain the visual effect of volume zigzags on single-layer fabric and new methods of construction of interlacing, allowing to obtain the visual effect of volume convex and concave surfaces. Examples of interlacing with optimal design parameters obtained by the author's methods protected by patents of the Russian Federation for inventions are given.

Keywords: twill, satin, combined weave, visual effect, volumetric zigzags, vertex shift, volumetric hemispheres, radius, new method, automatized design.

При художественном оформлении тканей все чаще используют приемы зародившегося в середине двадцатого века внутри абстракционизма и переживающего в настоящее время свое второе рождение художественного течения оп-арта (оптического искусства), основанного на особенностях восприятия плоских и пространственных фигур. В своих произведениях Виктор Вазарели, Бриджит Райли, Хесус Рафаэль Сото, Ричард Анушкевич и другие создавали пространственные оптические иллюзии с помощью многократно повторяющихся и перетекающих одна в другую простых геометрических фигур. Задача оп-арта – обмануть глаз, спровоцировать его на ложную реакцию, вызвать несуществующий образ. Этот стиль сочетает в себе четкую математику и образное мышление [1]. Приемы оп-арта основаны на особенности восприятия, известной как иллюзия (от лат. Illusio – обман, заблуждение). Оптические иллюзии – ошибки в зрительном восприятии, вызванные неадекватностью процессов неосознаваемой коррекции зрительного образа – занимают среди слуховых, тактильных, обонятельных, вербальных и других особое место. Классическими оптическими иллюзиями являются различные искусственно создаваемые зрительные эффекты и виртуальные образы Мюллера-Лиера, Эббингауза-Титченера, Цёлльнера и других [2]. Стиль оп-арта становится все более востребованным при дизайне интерьеров и одежды. Используемое при этом оформление тканей позволяет создать имитацию движения и объема. На протяжении последних десяти лет на кафедре технологии и проектирования текстильных изделий университета развивается компьютерная технология создания новых комбинированных переплетений, основанных на этом художественном течении.

Разработаны новые способы построения комбинированных переплетений, позволяющих на однослойной ткани средствами ткачества создать иллюзию объемных

продольных, поперечных и наклонных полос, объемных сотов, ромбов, продольных и поперечных зубцов и зигзагов. Теоретическая и практическая новизна предложенных способов подтверждена патентами Российской Федерации на изобретения № 2483147, № 2515863, № 2478742, № 2475573, № 2478743, № 2483149, № 2487203, № 2483148, № 2519921. Выработаны образцы тканей новых переплетений.

Особый интерес представляют ткани, выработанные переплетениями с эффектом объемных зигзагов, расположенных по восходящей или нисходящей линиям. Переплетения этой группы получают на базе теневых переплетений с переходом от света к тени (от тени к свету) и обратно, выстроенных вдоль нитей основы или утка. Эффект объема зигзагов создают за счет того, что обратный световой переход исходных теневых переплетений формируют зеркальным отображением прямого светового перехода и изменением при этом знака сдвига перекрытий в ступенях переплетения на противоположный. В каждой ступени раппорт базовых сарж или сатинов повторяется по одному разу. Первоначально выстраивается первый зубец зигзагообразного переплетения. Для получения восходящей линии зигзагов прямую диагональ первого зубца переплетения выстраивают, сдвигая исходное теневое переплетение на один раппорт базовой саржи вверх или вправо, для получения нисходящей линии зигзагов – вниз или влево, соответственно для продольных и поперечных зигзагообразных теневых переплетений. Второй фрагмент первого зубца получают горизонтальным зеркальным копированием части первого фрагмента. Второй зубец раппорта получают, сдвигая первый зубец вверх или вправо, вниз или влево на число нитей утка или основы, равное сдвигу вершин $S_b = R_G(R_G - 1)$, соответственно для продольных и поперечных зигзагообразных теневых переплетений. Методики расчета раппортов, подробные описания построения продольных и поперечных зигзагообразных теневых переплетений, примеры переплетений приведены в источниках [3, 4].

Недостатком указанных способов является то, что число зубцов в раппорте постоянно и равно двум, сдвиг вершин S_b и угол подъема или опускания зигзагов зависят только от раппорта базового переплетения R_G .

Предложены способы построения теневых переплетений с эффектом объемных продольных и поперечных зигзагов, лишенные указанного недостатка, с изменяемой в широких пределах величиной сдвига S_b вершин объемных зубцов, что позволяет варьировать угол подъема (опускания) зигзагов и расширить ассортимент тканей с эффектом объемных геометрических фигур [5, 6]. Методики расчета раппортов, подробные описания и примеры построения продольных и поперечных зигзагообразных теневых переплетений с переменным числом зубцов в раппорте переплетения приведены в источниках [7, 8].

Для расширения ассортимента тканей с псевдообъемным эффектом различных геометрических фигур предложены новые комбинированные переплетения, позволяющие на однослойной ткани имитировать выпуклые или вогнутые полусферы.

Переплетения этого вида относятся к группе шашечных переплетений и могут быть построены на базе сатинов или атласов главного класса. На плоскости раппорта могут располагаться одна или несколько выпуклых или вогнутых поверхностей различного размера. Идея новых способов состоит в предварительном построении модели исходного рисунка шашечного переплетения с заданными числом и размерами шашек последующим виртуальным деформированием шашек, создающих иллюзию объемной симметричной искривленной поверхности. У исходного и преобразованного рисунков каждая точка – каждый пиксель, соответствует основному или уточному перекрытию, число пикселей по горизонтали и вертикали равно числу нитей раппортов переплетения.

Предложено два автоматизированных способа построения переплетений с эффектом выпуклых и вогнутых диагонально симметричных поверхностей.

В первом способе дессинатору предоставлена возможность в интерактивном режиме выполнять диагонально симметричное изменение размеров шашек и формировать тем самым модель рисунка будущего переплетения ткани [9]. Моделирование рисунка производится с

помощью подвижных маркеров в поле с осями: порядковые номера нитей в раппорте переплетения и уровень деформирования изображения в долях. В начале работы программы маркеры выставлены по горизонтальной средней линии с ординатой, равной 0,5 доли, как показано на рис. 1-а, соответствующей отсутствию деформирования и исходной модели шашечного рисунка, представленной на рис. 1-б.

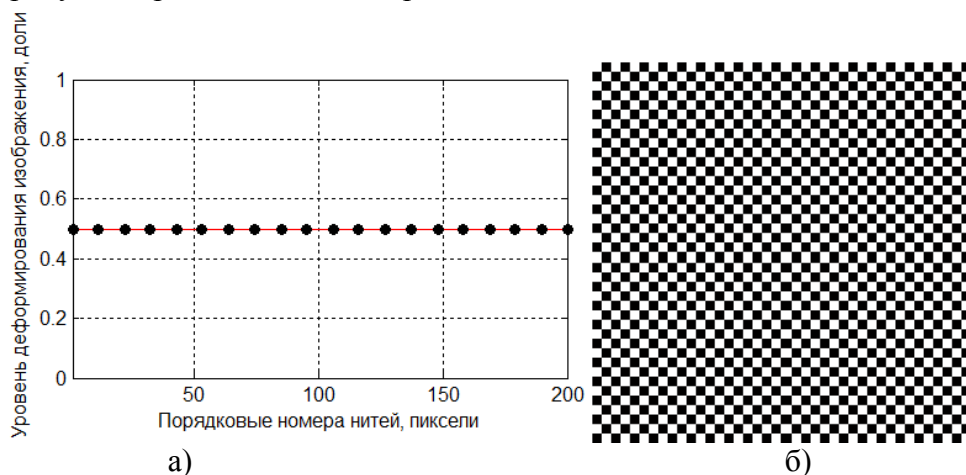


Рис.1. Исходные элементы построения: а) поле с маркерами; б) модель шашечного рисунка

Перемещение маркера выше средней линии соответствует уменьшению, ниже – увеличению размеров шашек вдоль нитей обеих систем, задавая тем самым закон деформирования шашек. На рис. 2 показаны примеры различных расположений маркеров на поле (рис. 2-а, 2-в) и сформированные модели рисунков (рис. 2-б, 2-г).

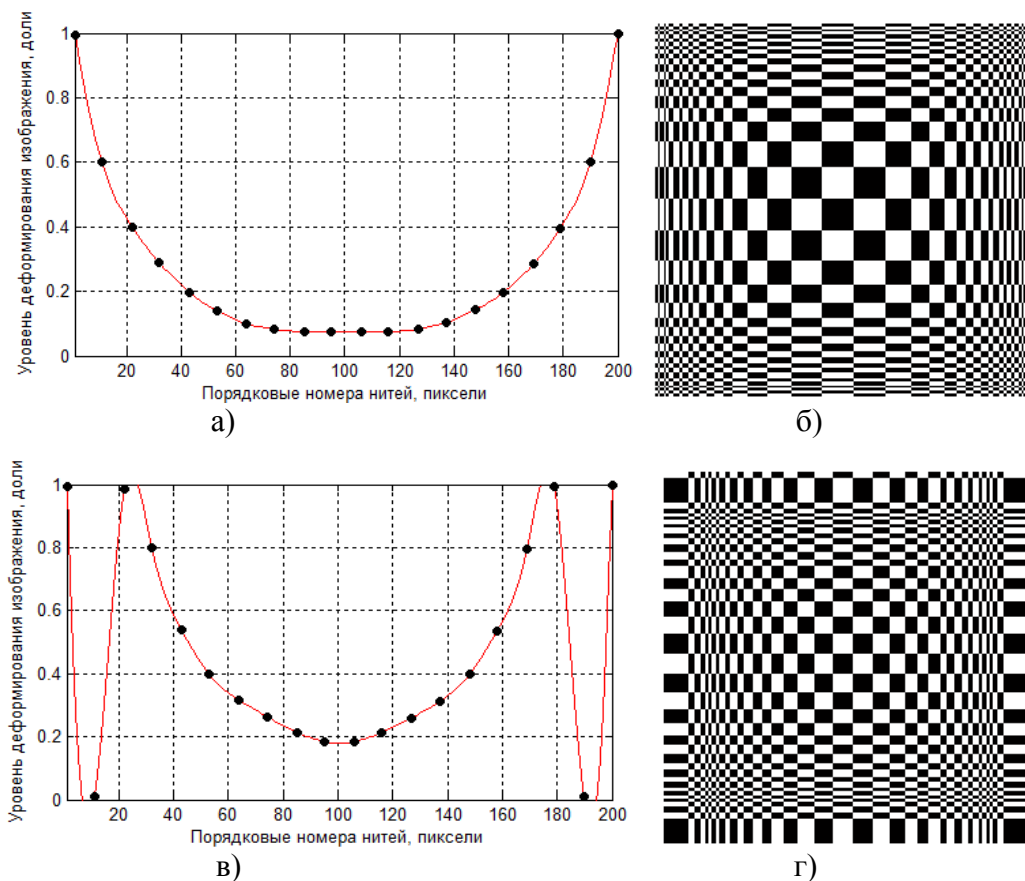


Рис.2. Примеры построения переплетений:
а, в) поле с маркерами; б, г) модель шашечного рисунка

При построении переплетений вторым способом вместо закона деформирования шашек дессинатор задает координаты центра полусферы и ее радиус. В этом способе выполняется изменение размеров только шашек, находящихся внутри основания полусферы. Сохраняя цвет точек исходного шашечного поля, с помощью уравнения перевернутой окружности автоматизировано рассчитываем новые координаты точек при условии их нахождения на поверхности полусферы [10].

С помощью центрального композиционного рототабельного планирования второго порядка получена адекватная регрессионная модель, описывающая влияние раппорта базового переплетения, размеров шашек и радиуса полусферы на степень выраженности визуального эффекта объема. Обозначение факторов, их значения в центре эксперимента и интервалы варьирования при проведении эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения факторов на нулевом уровне и интервалы их варьирования

Наименование факторов, обозначение и единицы измерения	Значение на нулевом уровне, X_0	Интервал варьирования, J
X_1 – раппорт базового переплетения, R_6 , нитей	6	1
X_2 – размер клетки, $S_{кл}$, нитей	12	4
X_3 – радиус полусферы, R , нитей	80	30

Установлено, что параметры построения переплетения существенно влияют на внешний вид переплетения и визуальный эффект объема полусфер. Степень восприятия объемного эффекта полусферы на ткани весьма индивидуальна, поэтому для статистически значимой усредненной оценки визуального эффекта учитывалось мнение 75 специалистов-текстильщиков, покупателей тканей и изделий из них. Предложена следующая шкала оценок: 1 – не вижу объемного эффекта; 2 – вижу нечетко; 3 – вижу; 4 – хорошо вижу; 5 – очень хорошо вижу. Значение третьего фактора находится за областью эксперимента и составило $X_3 = 180$ нитей. Определены оптимальные значения факторов в области эксперимента: $X_1 = R_6 = 6$ нитей, $X_2 = S_{кл} = 17$ нитей, $X_3 = r = 130$ нитей.

На рис. 3 показаны раппорты двух вариантов переплетения ткани с размерами клеток $S_{кл} = 17$ нитей, раппортом базового переплетения $R_6 = 6$ нитей, радиусом полусферы $r = 130$ (рис.3-а) и $r = 180$ (рис.3-б) нитей.

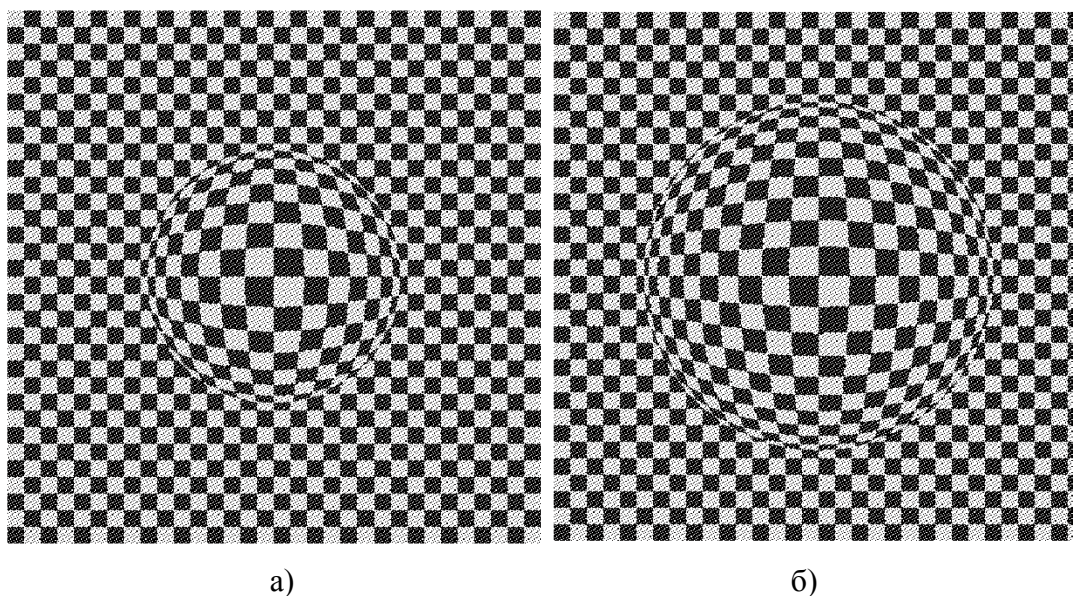


Рис.3. Раппорты переплетений ткани с оптимальными параметрами

Оптимальное значение раппорта базового переплетения, равное $R_6 = 6$ нитей, объясняется тем, что такие атласы и сатины – неправильные, с переменным сдвигом, с хаотичным распределением одиночных перекрытий по плоскости раппорта, что улучшает визуальное восприятие темных и светлых клеток, как видно на рис. 3.

Создание новых способов построения переплетений невозможно без использования современных информационных технологий [11, 12]. В среде программирования MATLAB разработано программное обеспечение для автоматизированного построения новых переплетений и виртуальных макетов тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иллюзия / Электронный ресурс. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Иллюзия>
2. Оптическое искусство / Электронный ресурс. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Оптическое_искусство
3. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей продольных зигзагообразных теневых переплетений // Патент РФ № 2487203. Оpubл. 10.07.2013. Бюл. № 19.
4. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей поперечных зигзагообразных теневых переплетений // Патент РФ № 2478147. Оpubл. 27.03.2013. Бюл. № 9.
5. Толубеева, Г.И. Способ построения комбинированных переплетений с визуальным эффектом поперечных объемных зигзагов на базе теневых сарж / Г.И. Толубеева, Д.А. Мирошниченко // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2017): сб. материалов XX Междунар. науч.-практ. форума. – Иваново: ИВГПУ, 2017. С. 307-313.
6. Толубеева, Г.И. Способ построения комбинированных переплетений с визуальным эффектом продольных объемных зигзагов на базе теневых сарж / Г.И. Толубеева, А.С. Зяблицева, Е.Е. Демидова, С.С. Кольцов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2015): сб. материалов XVIII Междунар. науч.-практ. форума. – Иваново: ИВГПУ, 2015. С. 214-219.
7. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей продольных зигзагообразных теневых переплетений / Г.И. Толубеева, С.С. Кольцов, Е.Е. Демидова, А.С. Зяблицева, Д.А. Мирошниченко // Патент РФ № 2605379. Оpubл. 20.12.2016. Бюл. № 35.
8. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей поперечных зигзагообразных теневых переплетений // Патент РФ № 2642725. Оpubл. 25.01.2018. Бюл. № 3.
9. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей шашечных переплетений // Патент РФ № 2651246. Оpubл. 18.04.2018. Бюл. № 11.
10. Мирошниченко, Д.А. Способ получения тканей шашечных переплетений // Патент РФ № 2656955. Оpubл. 07.06.2018. Бюл. № 16.
11. Малецкая, С.В. Автоматизированный метод построения мелкоузорчатого переплетения на базе крепа / С.В.Малецкая, О.И. Дружинская // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 4. – С. 63-65.
12. Малецкая, С.В. Автоматизированное формирование схемы теневого перехода / С.В.Малецкая, В.В. Малецкий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 6. – С. 67-70.

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОРСОВОЙ ТКАНИ ИЗ ХИМИЧЕСКИХ ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ

A METHOD FOR OBTAINING WAX FABRIC FROM CHEMICAL POLYOXADIAZOLE COMPLEX NEEDS

Б.П. Макаров

B.P. Makarov

ООО "Научно-производственная фирма "Термостойкие изделия" (г. Мытищи)

LLC Research and production firm heat-Resistant products (Mytischy)

E-mail: termiz@mail.ru, makarov.termiz@ya.ru

В настоящей работе рассмотрен способ изготовления ворсовой ткани из химических полиоксадиазольных комплексных нитей методом последовательного разрыва отдельных непрерывных нитей с выводом их на поверхность ткани. Технология включает выбор числа оборотов ворсовательных валиков, скорость движения, основные физико-механические показатели.

Ключевые слова: сополимер, гомополимер, фильтровальных материалов, синтез, ворсовательные.

In the present work a method for manufacturing a pile fabric from chemical polyoxadiazole complex yarns on a fabric is described. The technology includes choice of the number of revolutions of the pile rollers, the speed of movement, the basic physical and mechanical properties.

Key words: copolymer, homopolymer, filter materials, synthesis, nap.

Изготовление ворсовых тканей из химической полиоксадиазольной комплексной нити методом машинного начеса мало описан в литературе и патентах. Запатентованный способ ворсования [1] описывал процесс ворсования ткани саржевого переплетения из гомополимера 1,3,4-полиоксадиазола. Качество данного материала удовлетворяло потребности рынка фильтровальных материалов для нужд предприятий черной и цветной металлургии на фильтровальных установках с повышенными от 250⁰ до 300⁰С, но имела неудовлетворительные показатели по светостойкости 2-3 балла по ГОСТу светостойкости. В дальнейшем была разработана светостабилизирующая добавка на основе азобензолдикарбоновой кислоты, которая при введении в синтез дала возможность получения сополимерных полиоксадиазольных волокон. Что позволило повысить светостойкость волокна и комплексной нити до 6-7 баллов и прочность на 15-30% [2].

Увеличение прочности сополимерной комплексной нити привело к изменению прочностных характеристик исходных тканей. Сравнительные технические характеристик тканей указаны в таблице 1.

Таблица 1

Основные физико-механические показатели тканей

Наименование показателей	Ткань (гомополимер)	Ткань (сополимер)
Поверхностная плотность, г/м ²	464	461
Разрывная нагрузка, кгс, основа/уток	232/183	270/231
Разрывное удлинение, % основа/уток	21/17	15/14
Воздухопроницаемость, 49Па(дм ³ /м ² с)	91	87

Достижение полученных показателей ворсовой ткани из химических арселоновых комплексных нитей обеспечивается тем, что на первой ворсовальной машине применяются более жесткая каленая игольчатая лента, скорости ворсовальных валиков составляют: ворс – от 125 об/мин до 200 об/мин; контрворс – от 100 об/мин до 180 об/мин. При этом скорости валиков необходимо подбирать для каждой ткани в зависимости от поверхностной плотности.

На начальных проходах ткани через ворсовальную машину значительных изменений на поверхности полотна не наблюдается. На следующих стадиях прохождения полотна через ворсовальную машину на поверхности образуется петельный ряд уточной нити, что обуславливает усадку ткани на 2-10 см в зависимости от её плотности.

При применении этой технологии необходимо учитывать следующие параметры:

1. Ворсование снижает прочность ткани при разрыве, особенно по утку, так как начесу подвергаются в основном уточные нити. Снижение прочности ткани после ворсования может достигать 75%. Этот показатель зависит от количества проходов ткани через ворсовальную машину, остроты игл и других причин. Для снижения этого порока необходимо тщательно подбирать игольчатую ленту, число проходов ткани через ворсовальную машину и натяжение тянущих валиков на машине.

2. Неровнота начеса ткани может проявляться только в кромках или отличаться по фону. Эти пороки вызваны наличием пуха в ворсовальных валиках, неравноотой по плотности тканей или нестабильным режимом шлихтования.

3. Неровноту начеса может вызывать различная крутка комплексных нитей.

В таблице 2 приведены режимы ворсования опытных вариантов и физико-механические показатели ткани.

Таблица 2

Параметры ворсования

	Ширина, см	Ворсовальный вал, об/мин	Контр-ворсовальный вал, об/мин	Внешний вид полотна после ворсования	Воздухопроницаемость, 49 Па (дм ³ /м ² с)	Разрывное удлинение, % основа/утук	Разрывная нагрузка, кгс, основа/утук
Исходная ткань	85	-	-	-	87	15/14	270/231
Первый вариант: 1 проход 2 проход 3 проход 4 проход	81-82 78 - -	185 185 - -	115 125 - -	Значительные задиры, зацепы, затяжки уточной нити	-	-	-
Второй вариант: 1 проход 2 проход 3 проход 4 проход	85-83 83-81 82-81 82-80	185 185 185 185	100 104-106 115 118-120	На поверхности ткани наблюдаются мелкие зацепы уточной нити, шишковатость	73-81	14/8	275/167

Третий вариант:				Поверхность ткани			
1 проход	85-84	185	90-95	ровная,	70-78	14/9	276/182
2 проход	85-83	185	100	сильных			
3 проход	84-80	185	105-107	задилов и			
4 проход	81-80	185	115	вытяжки точных нитей нет.			

Анализ результатов исследований по технологии патента [1] показал, что для данного материала запатентованная технология не может быть применена по следующим причинам::

1. Высокие скорости контрворсовальных валов вызывают большую усадку ткани.
2. Жесткие игольчатые ленты на машине вызвали значительное повреждение полотна ткани в виде петлей и затяжек.

Проведенный эксперимент вызвал необходимость разработки новых параметров ворсования, а именно, выбор игольчатой ленты на машинах, изменение скоростного режима вращения контрворсовальных валиков, количество проходов ткани через ворсовальные машины.

В результате проведенной нами работы были рекомендованы следующие параметры:

- скорость ворсовальных валиков - 150 - 250 об/мин;
- скорость контрворсового валика – 150 об/мин - 215 об/мин.

В таблице 3 приведены физико-механические показатели ткани после рекомендованного процесса ворсования.

Таблица 3

Показатели ворсованной ткани

Параметры рекомендованного способа ворсования	Ширина, см	Ворсовальный вал, об/мин	Контрворсовальный вал, об/мин	Внешний вид полотна после ворсования	Воздухопроницаемость, Па (дм ³ /м ² с)	Разрывное удлинение, % основа/уток	Разрывная нагрузка, кгс, основа/уток
1 вариант:				Низкий застилытый ворс, с небольшой шишковатостью	37-48	12/6	275/44
5 проход	80-78	215	170				
6 проход	79-76	215	175-177				
7 проход	78-75	215	182-185				
8 проход	76-75	215	187-188				
9 проход	75	215	187-188				
2 вариант:				Застылытый ворс по всей поверхности ткани	46-53	14/7	275/79
5 проход	81-79	215	170				
6 проход	80-77	215	175-177				
7 проход	79-75	215	182-185				
8 проход	77-75	215	187-188				

Во время ворсования по 1 варианту было отмечено:

1. Ткань имела небольшую усадку.
2. Для повышения высоты ворса было увеличено количество проходов.
3. Была частично устранена образовавшаяся в результате подбора режима на первой ворсовальной машине шишковатость поверхности полотна.

Для полного устранения шишек на поверхности ткани необходимо было увеличить количество проходов в режиме: ворсовальный вал – 215 об/мин, контрворсовальный вал 187-188 об/мин. Однако, при этом изменились бы такие важные показатели, как воздухопроницаемость и прочность по утку.

Параметры 2-го варианта - оптимальные, был получен застилистый ворс по всей поверхности ткани без пороков и достаточно высокие физико-механические показатели свойств ткани.

Выводы:

1. Показано, что можно ворсовать ткани из комплексных арселоновых нитей с повышенной прочностью.
2. Выбран режим ворсования ткани путем использования ворсовальных машин с различными скоростными характеристиками и игольчатыми лентами.
3. Предложенный режим ворсования обеспечил выработку тканей, пригодных для фильтрации на предприятиях цветной и черной металлургии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ 2171081 С1, ООО НПФ «Термостойкие изделия», Кузнецов В.А., Макаров П.Б., Кашицын В.Б.
2. Патент РФ 2394946 С1, ООО НПФ «Термостойкие изделия», Макарова Р.А., Макаров П.Б., Панкина О.И., Кашицын И.В., 20.07.2010 год.

УДК 677.842.314

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАМУФЛИРОВАННЫХ РИСУНКОВ НА ПАРААРАМИДНЫХ ТКАНЯХ

EFFECTIVE TECHNOLOGY OF OBTAINING FIGURES UNDER CAMOUFLAGE ON PARA-ARAMID TISSUES

А.Р. Зимнуров, П.М. Новиков, О.В. Козлова
A.R. Zimnurov, P.M. Novikov, O.V.Kozlova

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemical Technology
E-mail: mybox67-05@mail.ru, ovk-56@mail.ru

Значение термо-, огнестойких синтетических волокон текстильного назначения трудно переоценить, поскольку они используются для изготовления термостойких негорючих тканей и различных изделий на их основе, обеспечивающих безопасность человека. В проекте показана возможность колорирования параарамидных тканей с использованием пигментов и сублимационных дисперсных красителей и показаны результаты создания на этих тканях рисунков под «камуфляж».

Ключевые слова: параарамидные ткани, колорирование, пигменты, дисперсные сублимационные красители, камуфляж.

The importance of thermo-, fire-resistant synthetic fibers of textile use cannot be overestimated, since they are used for manufacturing heat-resistant incombustible fabrics and various products based on them, providing human security. The project shows the possibility of coloring para-aramid tissues using pigments and sublimation disperse dyes and shows the results of the creation of «camouflage» drawings on these tissues.

Key words: para-aramid fabrics, coloring, pigments, disperse sublimation dyes, camouflage

Принципиально новым подходом к созданию тканей с огнезащитными свойствами является использование химических огнестойких арамидных волокон и нитей в сочетании с огнезащитной отделкой.

Наиболее известными зарубежными представителями арамидных волокон являются:

- параарамидное волокно Тварон (Twaron) производства фирмы Акзо Нобель Арамид Продактс (Akzo Nobel Aramid Products), Нидерланды, разных модификаций широкого спектра применения;

- арамидные волокна Номекс и Кевлар широкого ассортимента фирмы Дюпон (Du Pont) США [1].

Использование огнестойкого волокна нового поколения открывает широкие возможности для создания спецодежды, обладающей комплексом защитных свойств от высокой температуры и теплового излучения и в полной мере, отвечающей предъявленным к ней требованиям, что будет способствовать поддержке экономической безопасности страны.

Известно, что арамидные волокна окрашиваются с большим трудом обычным способом поверхностного крашения, поскольку они имеют плотную структуру, высокую кристалличность полимера и низкое содержание функциональных групп, способных взаимодействовать с красителем, что вызывает определенные трудности колорирования, а использование таких волокон представляется возможным только в узкой сфере [2,3].

Одним из путей решения проблем колорирования арамидсодержащих тканей – использование приемов переводной печати. Однако в России практически не используется этот вариант колорирования тканей в связи с отсутствием отечественных технологий, основанных на использовании современных экологически безопасных полимеров и отделочных препаратов. Зарубежные технологии переводной печати с дорогим оборудованием и химическим сопровождением вынуждают российских производителей отказываться от них.

Цель работы – разработка технологии переводной печати по арамидсодержащим тканям на основе отечественных красителей и полимерных модификаторов; создание гаммы цветов для рисунков под «камуфляж» на основе триады сублимационных красителей, отвечающих требованиям силовых структур.

Суть технологии переводной печати заключается в переносе дисперсного красителя с бумажной подложки на текстильный материал. В этом случае необходимыми условиями являются:

- использование специальных красителей на подложке, характеризующихся высокой сублимационной способностью;

- наличие у текстильного материала средства к дисперсным красителям;

- создание температурно-временных параметров процесса сублимационного переноса красителя с подложки на ткань.

Сложность перехода дисперсных красителей в параарамидную ткань связана с ее плотной структурой, высокой кристалличностью полимера и низким содержанием функциональных групп, способных взаимодействовать с красителем. Процессы диффузии и фиксации дисперсных красителей в эту ткань можно осуществить только в предварительно модифицированную полимерами ткань и при правильном подборе модификаторов достигаются положительные результаты печати:

- высокий колористический эффект с воспроизведением многокрасочных полноцветных фотографических эффектов печати;

- удовлетворительная прочность окрасок;

- требуемый гриф материала;

- экологичность технологии (беспромывочность, отсутствие стоков, использование экологически безопасных полимеров, красителей и ТВВ);
- конкурентоспособность.

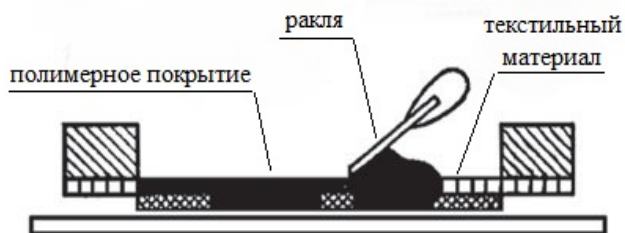


Рис.1 Ракельный метод нанесения полимера на ткань.



Рис.2. Термопресс SFS-MO4B.

Модификацию ткани проводили различными методами: распылением полимера, печатью загущенным полимером через сетчатый шаблон и путем ракельного нанесения полимера. Последний метод выбран как наиболее эффективный с точки зрения последующих обработок и получаемого результата переводной печати (рис.1).

В научной работе оценена эффективность и целесообразность использования отечественных акриловых полимеров для модификации текстильных материалов любого волокнистого состава, в т.ч. из параарамидных волокон и смесей их с натуральными и искусственными волокнами. Опробованы полимеры отечественного производства компаний ООО «Оргхимпром», ООО «Сван», ООО «Империя», ОАО «Пигмент» и др. Это препараты серий лакротенов, рузинов, ларусов, биндеров ЭМ, эмультексов и др. Из исследованных сополимеров акриловой природы выбран наиболее эффективный в качестве сублимационного праймера под переводную печать - акриловый сополимер на основе метилметакрилата, бутилакрилата, стирола, 2-ЭГА, акрилонитрила – Ларус-21из. В таблице 1 представлены результаты как прямой печати пигментами, так и переводной печати по полиэфирной и параарамидной тканям с использованием отечественных дисперсных красителей.

Таблица 1

<i>Переводная печать</i>		<i>Прямая печать пигментами</i>
<i>без модификации ткани</i>	<i>с модификацией ткани</i>	
<i>Полиэфирная ткань</i>	<i>Параарамидная ткань</i>	

При переносе на ткань изображения главную роль играют три основных фактора: температура плиты термопресса, давление термопресса и время выдержки. Термоперевод изображения на модифицированную поверхность ткани осуществляли с помощью [термопресса](#) при различных температурно-временных параметрах. В работе использован

термопресс модели SFS-MO4B (рис.2). Температуру изменяли от 200 до 210 °С, время изменяли от 10 до 60 сек.

Отработаны технологические параметры переводной печати, выявлены условия эффективного перевода дисперсного красителя на параарамидную ткань, обеспечивающие получение прочных и качественных рисунков. Показано, что наиболее технологичными параметрами перевода красителя на ткань являются: температура термообработки – 210°С в течение 40 сек. Подобраны отечественные дисперсные красители, обладающие сублимационной способностью, на основе которых разработаны составы красок для печати по бумаге, включающие помимо дисперсного красителя, загуститель и интенсификатор.

Для ряда красителей, используемых в работе, данных по сублимационной способности в литературе не оказалось, поэтому нами *предложен оригинальный экспресс-метод*, с помощью которого косвенно можно оценить способность красителей к сублимации. Суть эксперимента заключалась в переводе дисперсного красителя с бумаги на полиэфирную ткань и многократной обработке в термопрессе с одной и той же бумажной подложки. Эксперимент проводили 7-9 повторов.

Результаты перевода красителей с бумажной подложки на полиэфирную ткань позволили установить, что все красители в одинаковых условиях эксперимента ведут себя по-разному: некоторые из них склонны возгоняться практически сразу – на первых минутах термообработки, тогда как другие – длительное время с трудом переходят на ткань. Последние не представляют интереса для переводной печати. А такие красители, как дисперсный красный 2С п/э, дисперсный желтый п/э и дисперсный синий К п/э нами рассмотрены для дальнейших исследований при разработке эффективных композиций для печати по бумаге и при создании комбинаций красителей для расширения цветовой гаммы окрасок из триады дисперсных красителей.

В работе создана широкая гамма цветов (рис.3), в т.ч. подобраны сочетания цветов камуфлированного рисунка – оливкового, коричневого и хаки, полученных из триады вышеназванных отечественных дисперсных красителей.

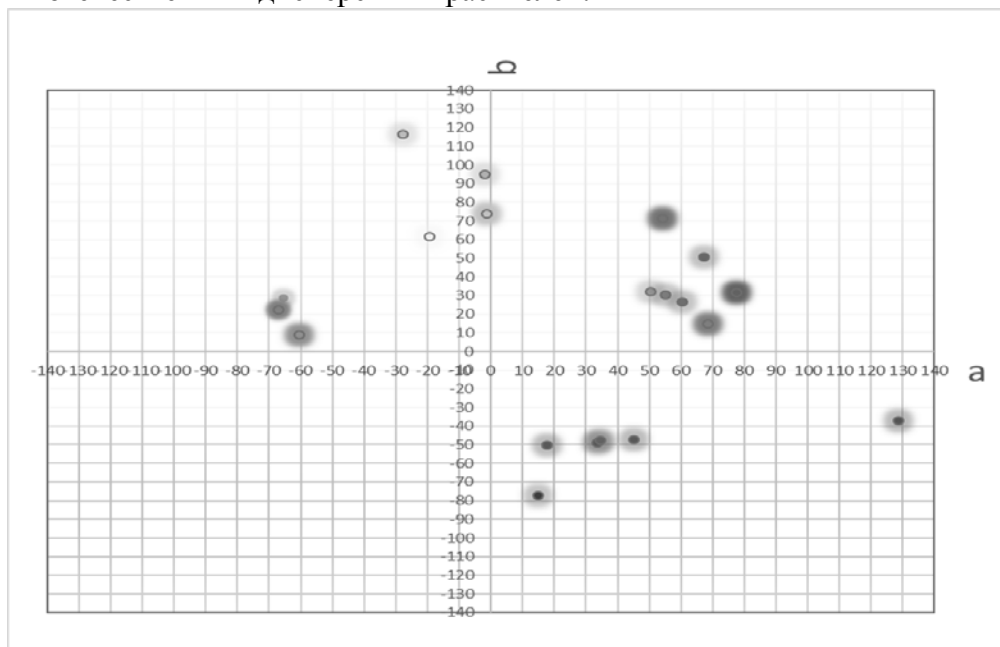


Рис.3. Цветовой охват, полученный из цветов триады: дисперсный красный 2С, дисперсный желтый п/э и дисперсный синий К п/э

Заслугой авторов и элементами новизны в научной работе являются:

- подбор полимеров из большого арсенала, выпускаемых отечественной промышленностью, обеспечивающих максимальную степень переноса и требуемый эффект колорирования;
- выбор методов эффективного нанесения полимера на ткань;

- разработка экспресс-метода оценки сублимационной способности дисперсных красителей;

- подбор сочетаний из триады красителей для создания новых цветов.

Учитывая огромный интерес отечественных производителей и потребителей в разработке камуфлированных тканей, полотен и защитных покрытий, относящихся к специальной подгруппе технического текстиля, одно из требований, которого – наличие особых свойств отражения текстильного материала в ИК-диапазоне спектра электромагнитного излучения, нами предприняты попытки получения ИК-ремиссии на камуфлированных тканях и уже получены положительные результаты в этом направлении. Они являются научным достижением авторов, представляют элементы новизны и заключаются в том, что:

- на основе анализа литературных источников выработаны методические подходы к получению эффекта ИК-ремиссии, предложены варианты осуществления этой технологии;

- отработана методика визуального наблюдения ИК-ремиссии с помощью полупрофессионального фотоаппарата фирмы Sony в режиме фотосъемки с ИК-подсветкой, что является практическим выходом в работе (разработка методики оценки ИК-ремиссии).

На рис.4 и 5 приведены практические результаты фотосъемки образцов модифицированной ткани, на которой в приборе ночного видения практически пропадают контуры черного образца, напечатанного дисперсным черным красителем, т.е. наблюдается эффект маскировки. Полученные результаты уже можно использовать при создании рисунков, в т.ч. под «камуфляж».

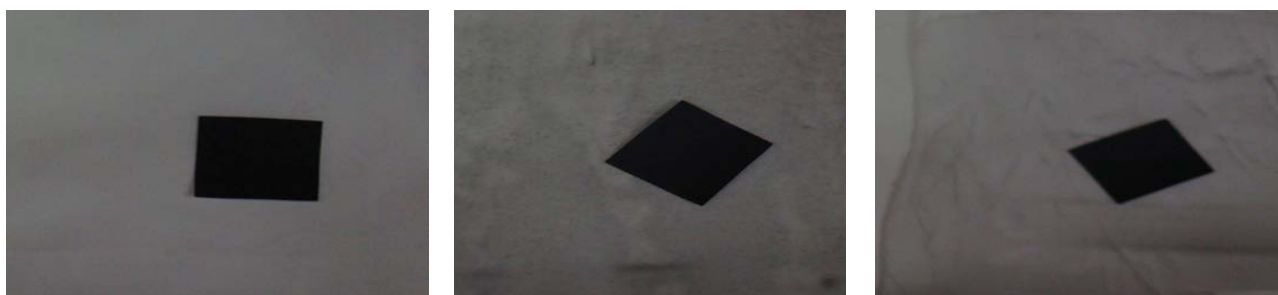


Рис.4. Дневная съемка образцов, отличающихся различным составом модифицирующей полимерной композиции

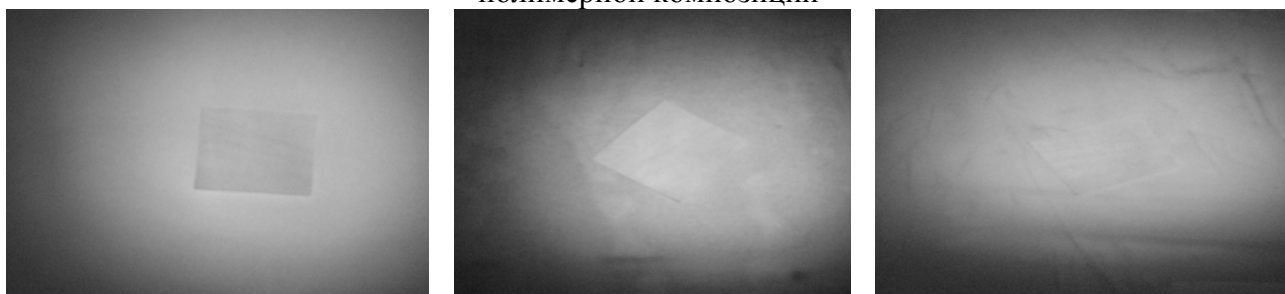


Рис.5. Ночная ИК-съемка образцов, отличающихся различным составом модифицирующей полимерной композиции

Таким образом авторами работы достигнуты следующие научные результаты:

- подобраны эффективные полимеры из большого арсенала выпускаемых отечественной промышленностью, обеспечивающих максимальную степень переноса и требуемый эффект колорирования;

- выбран метод эффективного нанесения полимера на ткань;

- разработана экспресс-методика оценки сублимационной способности дисперсных красителей;

- подобраны сочетания новых цветов из триады красителей;

- разработаны модифицирующие составы с ИК-ремиссией и предложены варианты осуществления этой технологии;

- разработана методика визуального наблюдения и оценки ИК-ремиссии в режиме фотосъемки с ИК-подсветкой

Дальнейшие исследования будут направлены на отработку деталей технологии создание камуфлированных рисунков с ИК-ремиссией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перепелкин, К. Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности. – Рос. хим.ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2002. – т.XLVI, №1. – С.31-48.
2. Kozlova OV, Odintsova OI, Melenchuk EV, Fedorinov AS. Dyeing of Para-Aramid Fabrics in the Presence of Domestic Urethane Polymers / Russian Journal of General Chemistry, 2016, Vol. 86, No. 2, 488-491.
3. Козлова О.В., Меленчук Е.В. Использование полимеров-модификаторов при колорировании параарамидных тканей / Изв. Вузов. «Химия и химическая технология», 2013, т. 56, вып.8, стр.90-93.

УДК 677.027:677.047.6

РЕПЕЛЛЕНТНАЯ ОТДЕЛКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ПЕРИТРОИДА И ЭФИРНЫХ МАСЕЛ

REPELLENT FINISH OF TEXTILE MATERIALS BASED ON SYNTHETIC PERITROID AND ESSENTIAL OILS

А.А. Липина, Е.О. Авакова, О.И. Одинцова
A.A. Lipina, E.O. Avakova, O.I. Odintsova

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemistry and Technology E-mail: odolga@yandex.ru,
E-mail: prohorova.a94@yandex.ru, avakova_katya@mail.ru

Разработан способ получения микрокапсулированных акарицидно-репеллентных веществ на основе альфациперметрина и эфирных масел. Показана возможность интенсификации процесса микрокапсулирования путем физической активации эмульсий – УЗ-обработкой. Дана комплексная оценка нанодисперсному состоянию экспериментальных образцов микрокапсул, содержащих АЦП.

Ключевые слова: полиэлектролиты, альфациперметрин, наноэмульсиярепелленты, микрокапсулы.

A method for the preparation of microencapsulated acaricidal-repellent substances based on alphacypermethrin and essential oils was developed. The possibility of intensifying the process of microencapsulation by physical activation of emulsions by ultrasonic treatment was shown. A complex evaluation of the nanodispersed state of experimental samples of microcapsules containing ACP was given.

Key words: polyelectrolytes, alfacypermethrin, nanoemulsion repellents, microcapsules.

В настоящий момент одними из наиболее востребованных являются материалы, которые обеспечивают эффективную защиту людей от кровососущих насекомых-переносчиков инфекционных заболеваний (репеллентная отделка) [1, с.42].

Инновационным подходом для реализации направления «интеллектуальный текстиль» является синтез наночастиц в мицеллах, микроэмульсиях, организованных тонких пленках, полиэлектролитных микрокапсулах. Одной из таких систем и

являются полиэлектролитные микрокапсулы [2, с. 1191]. Актуальность направления по импортозамещению ТВВ диктует острую необходимость разработки отечественной технологии создания текстильно-вспомогательных веществ, содержащих в своем составе микрокапсулы для придания текстильным материалам заданных свойств на стадии заключительной отделки.

В качестве репеллентного препарата для исследования был выбран альфациперметрин – синтетический перитроид отечественного производства. Этот препарат малотоксичен и активнее импортного аналога- перметрина.

Альфаципериметрин не растворим в воде, что предопределило выбор нетоксичного масляного растворителя, а также выбор эффективного эмульгатора для получения наноэмульсии, содержащей в своем составе репеллент. В качестве растворителя были выбраны эфирные масла и Ок-сизэтилированное подсолнечное масло (ОПМ); в качестве эмульгатора - неионогенные Оксизэтиллированные алкилфенолы, анионоактивные поверхностно-активные вещества (ПАВ) (Эмполы, Карбоксипав).

Использование механических колебаний ультразвукового диапазона является одним из наиболее перспективных физических методов воздействия на вещество с целью интенсификации технологических процессов [3, с. 34].

Для повышения эффективности эмульгирования, эмульсии, содержащие вышеприведенные вещества, подвергались воздействию ультразвуковых колебаний с частотой 20-22 кГц, мощностью от 3,0-6,0 кВт в течение от 30 до 300 с. Эффективность микрокапсулирования оценивалась по размерам частиц, которые определялись при помощи высокоэффективного двухуглового анализатора размеров частиц и молекул ZetasizerNano ZS (рис.1).

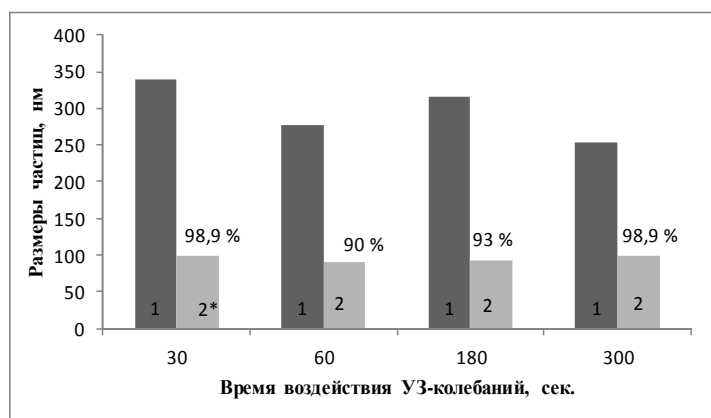


Рис.1. Влияние УЗ-обработки на размеры частиц в эмульсии. 1 – размеры частиц, нм. 2 * - процентное соотношение частиц в системе, %.

В соответствии с приведенными данными на процесс эмульгирования положительное влияние оказывает воздействие ультразвуковых колебаний, значительно ускоряя его. Вследствие этого были проведены исследования влияния ультразвуковой обработки на размер частиц полученной микроэмульсии. Как видно из рис.1, ультразвуковая обработка положительно влияет на однородность частиц микроэмульсии. Оптимальные результаты получены при длительности ультразвукового воздействия – 300 секунд.

В качестве органических растворителей в современных репеллентных средствах используют токсикологические опасные соединения. Разработка экологически выгодных составов подразумевает применение нетоксичных растворителей альфациперметрина. Вместе с тем, в репеллентных составах, чаще всего, присутствуют два компонента, один из которых выполняет отпугивающую функцию, а второй – летальную. Поэтому исследование возможности применения эфирных масел, в качестве растворителей, является актуальным.

В работе оценивали влияние строения полиэлектролитной оболочки на размеры образующихся микрокапсул АРВ, полученных с использованием разработанных составов. С этой целью исследовалось влияние растворителей АЦП (эфирных масел) на размерные

характеристики микрокапсул, определенных на приборе PhotocorCompact 2. Принцип работы прибора основан на методе динамического рассеяния света. Полученные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Размеры микрокапсул эмульсий различного состав			
№ состава	Эфирное масло	Размер частиц, нм	Процентное соотношение частиц, %
1	Сосновое	370	40
		2642	60
2	Мятное	317	75
		1443	25
3	Розмариновое	238	90
		3112	10
4	Эвкалиптовое	150	45
		1678	55
5	Чайного дерева	129	85
		1066	15
6	Розмариновое	128	46
		1241	54
7	Эвкалиптовое	788	82
		10000	18

Анализ полученных данных показал, что в основном в эмульсиях присутствуют частицы 2-х размеров, значительно отличающихся друг от друга. При использовании мятного и розмаринового масла в эмульсии преобладают мелкие частицы (составы 2 и 3), аналогичная картина наблюдается при использовании масел чайного дерева и эвкалиптового (составы 5 и 7). В остальных случаях наблюдается обратное соотношение – крупных частиц больше.

Для достижения большей стабильности эмульсий и более равномерного распределения микрокапсул по размерам проведено изучение влияния микро- добавок органических нетоксичных веществ, вводимых в систему на стадии образования капсул. В результате экспериментов получены устойчивые капсулы с различной толщиной полиэлектролитной оболочки: бислойной и тетраслойной. На рисунках 2-4 представлены результаты оценки распределения по размерам частиц составов, отличающихся видом масла и природой стабилизатора.

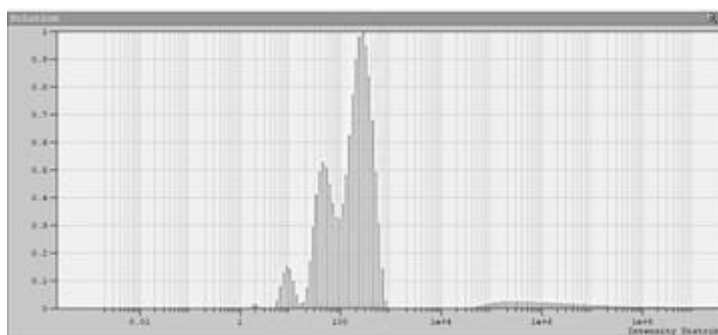


Рис.2. Диаграмма распределения по размерам капсул с бислойной оболочкой при использовании масла чайного дерева и стабилизатора № 1

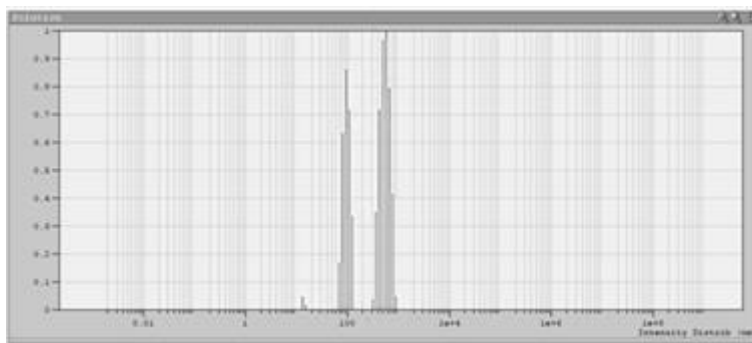


Рис.3. Диаграмма распределения по размерам капсул с бислойной оболочкой при использовании масла чайного дерева и стабилизатора № 2

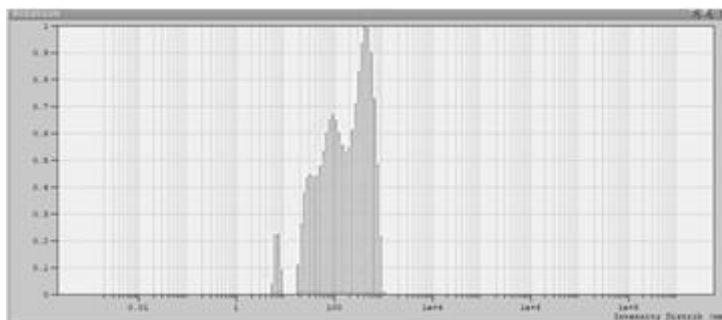


Рис.4. Диаграмма распределения по размерам капсул с тетраслойной оболочкой при использовании масла чайного дерева и стабилизатора № 1

Полученные диаграммы иллюстрируют тот факт, что размерные характеристики и стабильность микрокапсул зависят не только от природы активного вещества и эмульгатора, но и от стабилизирующих агентов.

В результате исследования разработаны устойчивые наноэмульсии, содержащие в своем составе синтетический перитроид и натуральные эфирные масла.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Прохорова А.А.,Одинцова О.И., Авакова Е.О., Кузьменко В.А. Применение метода LAYER-BY-LAYER для иммобилизации акарицидных веществ на целлюлозных текстильных материалах // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология.2016. Т.59. № 7 . С. 42-46.
2. Кузьменко В.А., Русанова А.И.Одинцова О.И. Свойства синтетических полиэлектролитов и перспективы их применения для отделки текстильных материалов // Журнал прикладной химии. 2014. Т.87. № 9. С.1191-1202.
3. Хмелев В.Н., Попова О.В. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве // Барнаул, Изд-во АлтГТУ. 1997.- 160с.

РАЗРАБОТКА НАНОМОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

DEVELOPMENT OF NANOMODIFIERS FOR TEXTILE MATERIALS

Л.С. Петрова, Г.С. Исполатова, К.А. Малышева
L.S. Petrova, G.S. Ispolatova, K.A. Malysheva

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemistry and Technology
E-mail: milafck@gmail.com

В работе представлена методика получения наночастиц серебра в водной среде. Подобран состав устойчивых гидрозолей серебра, содержащих частицы малого размера. Синтезированы полиэлектролитные капсулы на темплатах карбоната кальция. Разработана методика топирования бислойных и тетраслойных капсул наночастицами серебра. Предложена технологическая схема антибактериальной отделки целлюлозных текстильных материалов.

Ключевые слова: микрокапсула, ионы серебра, наночастицы, стабилизация, синтетический полиэлектролит, антимикробная отделка текстильных материалов.

The technique of obtaining silver nanoparticles in an aqueous solution is presented. The composition of stable silver hydrosols containing small particles was selected. Polyelectrolyte capsules were synthesized on the templates of calcium carbonate. A technique was developed for the inclusion of bilayer and tetralayer capsules with the silver nanoparticles. A technological scheme of antibacterial finishing of cellulosic textile materials is proposed.

Keywords: microcapsule, silver ions, nanoparticles, stabilization, synthetic polyelectrolyte, antimicrobial finishing of textile materials.

Модификатором волокнистых материалов могут служить наночастицы серебра. Текстильные материалы с инкорпорированными наночастицами серебра находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Наиболее востребованы нанозащищенные серебросодержащие материалы в медицинской практике.

Серебро в ионном виде обладает бактерицидным, выраженным противогрибковым и антисептическим действием и служит высокоэффективным обеззараживающим средством в отношении патогенных микроорганизмов [1]. Наночастицы серебра характеризуются уникальными свойствами, связанными с высоким отношением их поверхности к объему, что определяет большую эффективность их действия [2].

Химия и биохимия серебра за последние годы существенно продвинулись вперед, были показаны противовирусная и фунгицидная активности, противовоспалительное и иммуномодулирующее действие препаратов серебра [3]. Все это привело к возобновлению интереса к препаратам серебра, особенно к их новым усовершенствованным формам.

Изучен процесс восстановления нитрата серебра в водной среде химическим методом с помощью ряда восстановителей: аскорбиновой кислоты, дитионита, глиоксаля и глюкозы. Показано, что наиболее равномерные по составу наночастицы серебра получены при использовании глиоксаля, при этом составы на его основе обладают повышенной антибактериальной активностью по отношению к *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*.

Оценена возможность получения наночастиц серебра при введении широкого спектра стабилизаторов гидрозолей серебра из ряда катионных и анионных полиэлектролитов: полидиаллилдиметиламмоний хлорида, полигуанидина, акремона В-1, полидона А, акремона Д-1, акремона Д-13 и акремона LK-2.

На основании результатов спектрофотометрического анализа выявлены высокие стабилизирующие свойства полигуанидина, что позволяет наиболее полно провести восстановление нитрата серебра. В присутствии этого стабилизатора образуются наиболее мелкие частицы (2-10 нм), что подтверждено данными фотонной корреляционной

спектроскопии, характеризующей размеры образующихся частиц в системе Ag – полиэлектролит. Такая дисперсность обеспечивает большую удельную поверхность, что увеличивает область контакта серебра с бактериями или вирусами, значительно улучшая бактерицидное действие препарата [4].

В работе была предпринята попытка синтеза полиэлектролитных капсул и инкорпорирования полученных наночастиц серебра на стадии формирования оболочки между полиэлектролитными слоями. Преимуществами полиэлектролитных капсул перед другими подобными системами являются их монодисперсность при широком диапазоне задаваемых размеров; простота регулирования их проницаемости; лёгкость изменения и возможность широкого выбора материала стенок. Оболочки таких микрокапсул можно модифицировать, включая различные типы ионов, функциональных молекул, наночастиц.

Наиболее перспективным типом ядер для формирования полиэлектролитных капсул являются микрочастицы карбоната кальция. Существует много вариантов проведения химического осаждения кристаллов CaCO_3 из реакционного раствора, содержащего ионы кальция и карбонат-ионы, позволяющих контролировать размер и повышать качество получаемых частиц путем изменения физических и технологических параметров синтеза.

Проведен синтез карбоната кальция при смешении 0,33М раствора Na_2CO_3 и 0,33М раствора CaCl_2 , после перемешивания отстаивали раствор до полного осаждения частиц. Далее частицы CaCO_3 отмывали от ионов Na^+ и Cl^- дистиллированной водой и выпаривали в тигле до полного высыхания. На втором этапе исследования синтезировали оболочку капсулы. Для нанесения полиэлектролитных слоев на частицы использовали метод полиионной сборки, который осуществлялся последовательной обработкой разноименно заряженными полиэлектролитами. Перед нанесением каждого последующего слоя оставшиеся молекулы полимера должны быть удалены, чтобы избежать образования комплексов в растворе. С этой целью полученные частицы промывали дистиллированной водой. Первым слоем наносили катионный полиэлектролит ВПК-402, вторым анионный полиэлектролит Акремон В-1.

После нанесения двух слоёв полиэлектролита на капсулы наслаивали раствор наночастиц серебра. Далее наносили два завершающих слоя анионного и катионного полиэлектролитов.

С помощью электронного микроскопа были получены фотографии микрокапсул, топированных наночастицами серебра (рис.1). Методом динамического рассеяния света определен размер полученных капсул, который составил 100-510 нм.

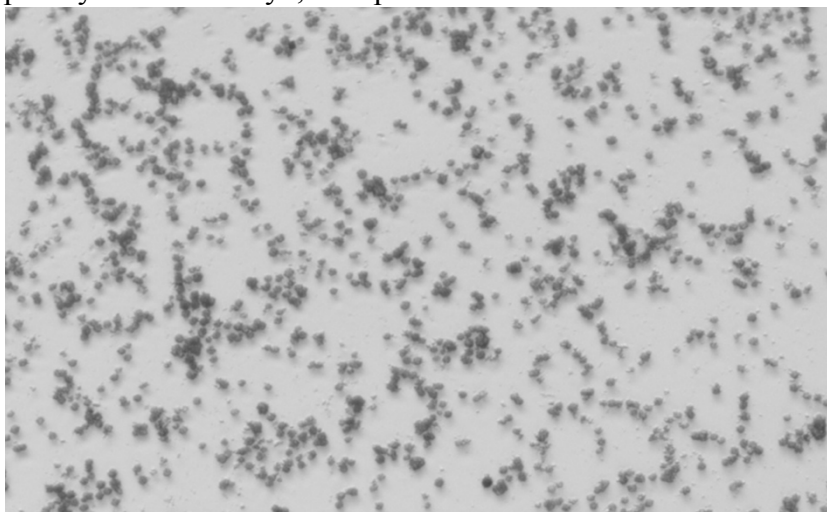


Рис.1. Электронная фотография микрокапсул

Полученные частицы наносили на текстильный материал и послойно фиксировали с помощью противоположно заряженных полиэлектролитов. Изменение наполнителя ядра капсулы (биологически активного вещества) позволяет придавать целлюлозным текстильным материалам различные виды биоцидной отделки.

1. Букина, Ю.А. Препараты для придания волокнистым текстильным материалам антибактериальных свойств / Ю.А. Букина, Е.А. Сергеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – №17. – С. 163 – 165.
2. Букина, Ю.А. Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра/ Ю.А. Букина, Е.А. Сергеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №14. – С. 170– 172.
3. Благитко, Е.М. Серебро в медицине/Е.М.Благитко, В.А.Бурмистров, А.П.Колесников, Ю.И.Михайлов, П.П.Родионов //Новосибирск.Наука-Центр.– 2004.– 254с.
4. Одинцова О.И., Кузьменко В.А., Дмитриева А.Д. Синтез и использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств // Изв. вузов. Химия и химическая технология. - 2015.- Т.58. - № 8.- С. 67-70.

УДК 677.027.524.111.1

ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭКО-СВЯЗУЮЩИХ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕЧАТИ ПИГМЕНТАМИ

USE OF RUSSIAN ECO-BINDERS IN THE TECHNOLOGY OF PIGMENT PRINTING

О.А. Маноли, Т.Н. Зеленкова, О.В. Козлова
O.A. Manoli, T.N. Zelenkova, O.V. Kozlova

Ивановский государственный химико-технологический университет
Ivanovo State University of Chemical Technology.
E-mail: mybox67-05@mail.ru, ovk-56@mail.ru

Работа посвящена обоснованию эффективности применения российских полимерных связующих нового поколения, не использующих при производстве алкилфенолэтоксилаты (APEO-free), в пигментной печати.

Ключевые слова: текстильные материалы, печать пигментами, полимерные связующие, сшиватели.

The work is devoted to the substantiation of the effectiveness of the application of Russian polymeric binders of the new generation, which do not use alkyl phenol-latoxylates (APEO-free), in pigment printing.

Keywords: textile materials, pigment printing, polymer binders, crosslinkers.

Традиционно для печати пигментами по текстильным материалам используют композиции, включающие полимерное связующее, загуститель и вспомогательные препараты, которые отвечают за эффективность процесса нанесения пигментной композиции и осуществления условий закрепления пигментов на текстильном материале.

В течение последних лет в сфере производства и потребления лакокрасочной продукции в экономически развитых странах наблюдается активное выдвижение требований на государственном и межгосударственном уровнях по защите окружающей среды и здоровья человека. В частности, ограничение использования опасных веществ, в том числе алкилфенолэтоксилатов в качестве смачивающих добавок и использования растворителей, классифицируемых как летучие органические соединения.

Пигментные пасты являются важным сырьевым компонентом в производстве, особенно, текстильного назначения. К сожалению, до настоящего момента, в рецептурах пигментных паст отечественных и большинства зарубежных производителей содержатся гликоли и другие органические растворители, алкилфенолэтоксилаты и другие вещества, классифицируемые как опасные для окружающей среды и здоровья человека.

Одним из важных требований компании ИКЕЯ к текстильным материалам является отсутствие в них следующих веществ [46 - 48]:

- Нонилфенолэтоксилаты (NPEO)/(OPEO) Октилфенолэтоксилаты
- Алкилфенолэтоксилаты (АФЭО(англ. – APEO))
- Алкилфенолы (АФ (англ. – AP))
- Алкилфенолфосфиты

С настоящего времени присутствуют в полимерах-связующих, в том числе и в рассматриваемых нами выше. Поэтому и ткани и применяемые реактивы не могут составлять пока конкуренцию импортным аналогам.

В связи с этим по рекомендации ученых ИГХТУ фирмой ООО «Сван» разработан новый препарат Ларус-21из, отвечающий требованиям безопасности. И дальнейшей целью нашего исследования явилась апробация связующего нового поколения фирмы ООО СВАН – Ларус-21 из и сравнение эффективности его использования в сравнении с отечественным связующим и импортным аналогом.

Критериями оценки качества напечатанных тканей служили основные показатели окрасок, которые требуется соблюдать согласно ГОСТам, приведённым в методиках исследований. Это показатели интенсивности – к/s (оцениваемые, как функция Кубелки-Гуревича-Мунка), прочность окрасок к сухому, мокрому трению, жестокость грифа.

Технология печати заключалась в следующем: хлопчатобумажную ткань печатали с помощью сетчатых шаблонов печатной композицией состава, включающего, в г/кг:

Связующее	40-100
Загуститель (Принтафикс фердикер CSFN)	12-15
Пигмент	20
Эмульгатор (тубигат А-60, ф. СНТ)	0-3

Далее напечатанные образцы сушили в термощкафу при $T=80^{\circ}\text{C}$, после чего проводили процесс термофиксации горячим воздухом при $T=140^{\circ}\text{C}$, $\tau=3$ мин, или $T=150^{\circ}\text{C}$, $\tau=2,5$ мин, или $T=160^{\circ}\text{C}$, $\tau=2$ мин

Данные с его использованием представлены в таблице 1.

Таблица 1

Связующее	Наличие фиксатора, г/кг	Координаты цвета			HUE (тон)	Satur. (насыщ.)	Прочность к трению, балл
		R	G	B			
Биндер-83	-	177	66	77	236	164	3
	+	163	50	49	236	178	4
Рузин 14и	-	186	93	73	235	163	3
	+	192	78	64	235	170	4
Ларус-21 из	-	184	83	74	235	162	3
	+	183	75	66	235	176	4

Комплекс колористических показателей показал, что при использовании отечественного эко-связующего Ларус-21-из достигаются технические и колористические результаты печати, аналогичные импортному аналогу.

Проведен анализ колористических характеристик пигментной печати по хлопчатобумажным тканям при использовании проблемных цветов – бирюзового, бордо, синего, оливкового и розового, у которых могут смещаться оттенки в зависимости от природы связующего. Использовались пигменты как импортного, так и отечественного производства (бецапринты, принтексы).

Колористические показатели полученных окрасок сведены в табл. 2, а на графиках аb (рис.1-4) наглядно показано местоположение полученных после выкраски цветов.

Розовый											
	R	G	B	X	Y	Z	a	b	L	C	H
Биндер -83	126	61	98	100,2	72,9	97,08	59,4	-13,4	88,4	61,0	-12,7
Ларус-21-эи	153	67	141	123,9	83,0	139,6	76,9	-30,4	93,0	82,7	-21,6
Рузин-14и	133	60	122	108,1	73,6	120,8	71,1	-27,5	88,7	76,3	-21,2
Оливковый											
	R	G	B	X	Y	Z	a	b	L	C	H
Биндер -83	46	69	34	50,7	64,6	33,7	-26,2	36,9	84,3	45,2	-54,6
Ларус-21-эи	49	78	31	54,4	72,4	30,8	-33,4	47,7	88,1	58,2	-55,0
Рузин-14и	50	78	34	55,5	72,6	33,7	-31,1	43,7	88,2	53,6	-54,1
Синий											
	R	G	B	X	Y	Z	a	b	L	C	H
Биндер -83	22	45	132	51,1	41,9	130,7	33,0	-64,0	70,8	72,0	-62,7
Ларус-21-эи	37	63	149	67,5	59,3	147,6	26,3	-54,4	81,5	73,1	-64,2
Рузин-14и	24	42	126	50,0	39,7	124,8	36,5	-63,3	69,3	60,4	-60,1
Бирюзовый											
	R	G	B	X	Y	Z	a	b	L	C	H
Биндер -83	44	75	124	69,6	70,0	122,8	7,1	-31,6	87,0	32,4	-77,3
Ларус-21-эи	32	56	113	55,6	52,4	111,9	15,7	-41,6	77,5	44,5	-69,4
Рузин-14и	33	58	101	54,4	54,0	100,0	8,2	-32,5	78,5	33,5	-75,9
Бордо											
	R	G	B	X	Y	Z	a	b	L	C	H
Биндер -83	97	33	41	66,0	44,4	40,6	61,6	7,9	72,	82,1	0,3
Ларус-21-эи	86	18	28	53,3	30,1	27,7	77,5	6,7	61,8	77,8	4,9
Рузин-14и	78	18	37	51,2	28,8	36,6	76,9	-7,7	60,6	77,3	-5,7

*- первый ряд значений для каждого пигмента соответствует характеристикам при использовании Бендера -83, а при использовании Эмультекса 5БН.

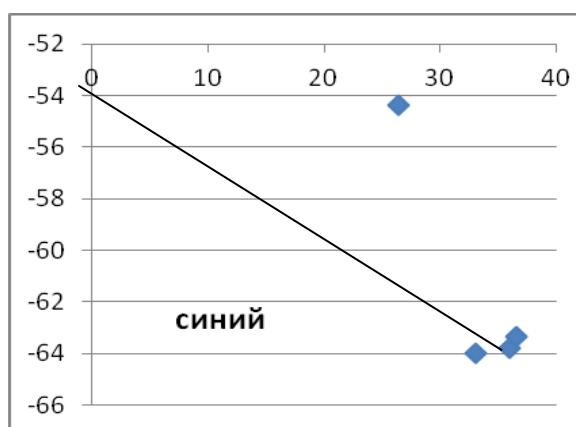


Рис.1

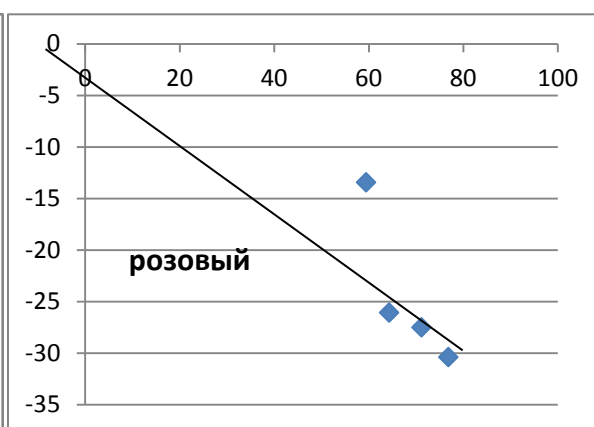


Рис.2

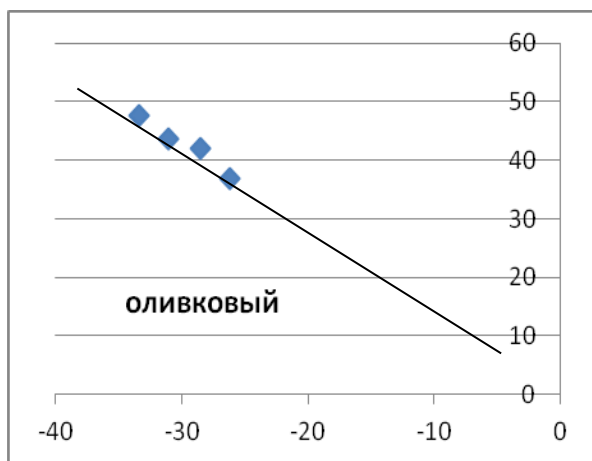


Рис.3

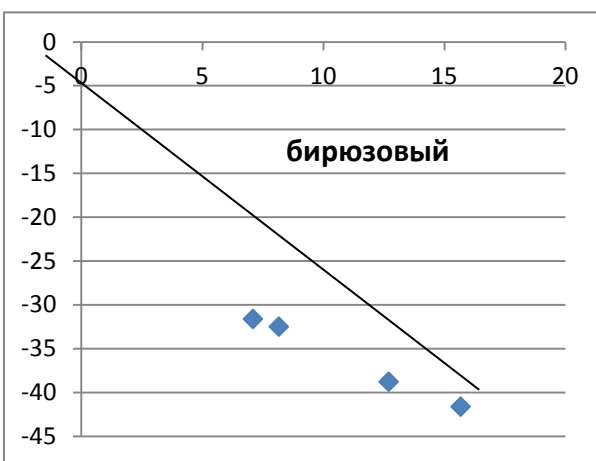


Рис.4

Таким образом, результаты экспериментов свидетельствуют о том, что во многих случаях интенсивности окрасок (по показателю насыщенности C) даже выше, чем у импортной композиции. Показатели, характеризующие мягкость грифа и прочности окрасок к трению не уступают по величинам импортным. Гриф ткани хороший.

По цветовым характеристикам отмечена высокая чистота получаемых окрасок и незначительные изменения цветового тона (в пределах минимальных различий в цвете - ΔE не превышает 1,5 – 2 ед. LAB). Особенно хорошо укладываются на линию постоянного цветового тона цвета: розовый, оливковый и бирюзовый, несколько хуже – синий (см. рис.4.7 - 4.10). Это дополнительно свидетельствует о хорошей совместимости новых связующих как с пигментами различных фирм, так и с другими компонентами композиции импортного производства.

Таким образом, оценена эффективность применения отечественных полимерных связующих нового поколения, в том числе новых, освобожденных от алкилфенолэтоксилатов (APEO-free), в пигментной печати; выявлены закономерности фиксации пигментов на текстильных материалах в присутствии новых полимеров и сшивающих отечественных препаратов. Показано что при использовании отечественного препарата Ларус-21-из достигаются технические и колористические результаты печати аналогичные импортным аналогам.

Полученные результаты могут быть использованы при выдаче рекомендаций для промышленного освоения технологии пигментной печати с использованием новых отечественных эко-связующих.

ЛИТЕРАТУРА

1. APEO Free URL: <https://www.dystar.com/ap eo/> (дата обращения 20.05.2018).
2. Apeo-free общие стирол акриловый сополимер/эмульсии полимера URL: <https://russian.alibaba.com/product-detail/ap eo-free-general-styrene-acrylic-copolymer-polymer-emulsion-60337477807.html> (дата обращения 20.05.2018).
3. Directive on the restriction of Nonylphenols URL: http://www.professional-laboratory.co.uk/product_38.html (дата обращения 20.05.2018).

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПЕКОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

PRODUCTION AND APPLICATION OF CARBON FIBERS FROM PITCH

Д.А. Мартынов, А.В. Гурских, М.И. Панин
D.A. Martynov, V.A. Gurskikh, M.I. Panin

АО «ПОЛЕМА», (г. Тула)
JSC «POLEMA», (Tula)
E-mail: mda@polema.net, pmi@polema.net

Рассмотрены вопросы необходимости разработки технологии производства углеродных волокон из пека. Также описана технологическая цепочка изготовления и перспективные области их применения.

Ключевые слова: углеродный волокна, пек, технология.

The questions of necessity of development of technology of production of carbon fibers from pitch are considered. The technological chain of manufacturing and perspective fields of their application are also described.

Keywords: carbon fiber, pitch, technology.

В России серийное производство углеродных волокон на основе ПАН-волокна осуществляется в ООО «Аргон» и ООО «Лирсот». Отечественные углеродные волокна имеют предел прочности на растяжение до 4,5 ГПа (для некоторых марок углеродных волокон на основе ПАН-волокна), модуль упругости до 500 ГПа (для некоторых марок углеродных волокон на основе ПАН-волокна). Производство волокон на основе пеков в РФ отсутствует. Стоит отметить, что производство волокон на основе пеков экономически эффективнее, учитывая специальные свойства таких волокон, высокий модуль упругости (до 800 ГПа), высокую теплопроводность (до 1100 Вт/м·К), без которых невозможно достичь высоких физико-механических и теплофизических характеристик на конечном материале из-за более низких свойств исходных углеродных волокон.

В связи с чем, особую актуальность и практическую значимость приобретают работы, направленные на создание технологии производства мезофазных пеков на основе доступного отечественного сырья – каменноугольной смолы – и углеродных волокон на их основе.

Создания углеродных волокон из пеков с высокими механическими характеристиками позволит разработать технологию получения их жидкокристаллических пеков и высокомодульных углеродных волокон. Так возможно появление современных углеродных волокон, которые в инертной среде выдерживают до трех тысяч градусов, а в окисленной – до четырехсот.

Технология получения [1, с.27-46] углеродного волокна из каменноугольного пека включает несколько стадий:

- 1) подготовка субстрата;
- 2) синтез волокна прядением из расплава,
- 3) стабилизация в окислительной атмосфере,
- 4) карбонизация в инертной атмосфере,
- 5) графитизация при повышенной температуре.

Из-за большого содержания низкомолекулярных летучих соединений пеки имеют низкую температуру плавления. Поэтому для придания пеку волокнообразующих свойств из него предварительно удаляют низкомолекулярные соединения, подвергают термической обработке для повышения молекулярной массы.

Теоретическая проработка и опыт зарубежных коллег показывает возможность получение волокна с прочностью 4 ГПа и модулем упругости более 800 ГПа по итогам прохождения всех технологических этапов производства.

Хочется отметить также преимущества пековых углеродных волокон:

- высокая теплопроводность;
- высокий модуль упругости;
- высокая электропроводность;
- низкая цена исходного сырья.

Углеродные композиционные материалы [2, с.236-250], формируемые на базе текстильных технологий, позволяют создавать не только отдельные элементы конструкции, но и цельные изделия с наперед заданными свойствами, требуемой формы и типоразмеров. Использование композиционных материалов в космической, авиационной, судостроительной и других отраслях давно уже стало приоритетной задачей, успешное решение которой обеспечивает национальную безопасность страны. Создание новых видов летательных аппаратов, морских судов наводного и подводного флота, разработка отдельных узлов и элементов машин на базе текстильных композиционных материалов, позволяет придать им новые свойства, повысить прочность и надежность в эксплуатации по сравнению с традиционно применяемыми конструкциями.

На основе коротких пековых углеродных волокон возможно вырабатывать нетканые материалы, углеродный войлок.

Токопроводящая, объемная структура углеродного [3, с.14-27] нетканого материала является эффективным экраном от электромагнитного излучения в широком диапазоне частот. Также данный тип материала эффективно используется в качестве:

- высокотемпературной, огнестойкой изоляции для печей, трубопроводов, технологических установок;
- фильтровального материала для очистки воздуха, сточных вод, агрессивных сред;
- частей защитной одежды от химических и отравляющих веществ;

Использование пековых углеродных волокон при изготовлении других, более сложных текстильных структур имеет ряд сложностей, в виду специфических свойств, а именно высокого модуля упругости и малым значение удлинения. Поэтому углеродные волокна плохо выдерживают многократные деформации на узлах ткацкого оборудования. Также большое влияние на свойства конечной текстильной структуры оказывают значительные перегибы углеродного волокна, например в 3D ткачестве. Решением данной проблемы может стать все большее применение однопроцессных способов формирования углеродного композиционного материала, на базе мотальных паковок специального назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Симамура, Углеродные волокна / перевод с японского кан. физ-мат. наук Ю.М. Товмасына – Москва «Мир» 1987
2. Э. Фитцер, Углеродные волокна и углекомпозиаты / перевод с английского кан. физ-мех наук С.Л. Баженова – Москва «Мир» 1988
3. М.И. Панин, Разработка композиционных материалов на базе мотальных паковок специального назначения / кандидатская диссертация – Москва 2012

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТОВАРА С УЧЁТОМ КОЭФФИЦИЕНТА ПОТЕРИ КАЧЕСТВА ТАГУТИ

ASSESSMENT OF THE GOOD'S COMPETITIVENESS ALLOWING FOR TAGUTI'S QUALITY LOSS FUNCTION

А.Р. Песчанникова
A.R. Peschannikova

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)
Russian State University of A. N. Kosygin
(Technologies. Design. Art), (Moscow)
E-mail: pes4.al@gmail.com

В статье рассмотрены две точки зрения на вопрос оценки конкурентоспособности товара: маркетинговая и производственная. Выделены преимущества и недостатки изучения вопроса с помощью обоих методов. Выведена формула, включившая в себя принципы оценки конкурентоспособности обоими методами.

Ключевые слова: оценка конкурентоспособности, коэффициент конкурентоспособности, коэффициент потери качества, методы Тагути, маркетинг, контроль качества.

Two points of view on assessment of the good's competitiveness are considered in this article: marketing and manufacturing ones. Advantages and disadvantages of both methods were marked out. A formula was derived, which includes main principles of assessment of the good's competitiveness of both methods.

Key words: assessment of the competitiveness, competitiveness coefficient, quality loss function, Taguti's methods, marketing, quality control.

В сферах маркетинга и управления качеством на производстве конкурентоспособность одного и того же товара оценивается по-разному. Так, в маркетинге существует множество коэффициентов конкурентоспособности, которые относятся к трём основным способам, представленным на рисунке 1 [1].

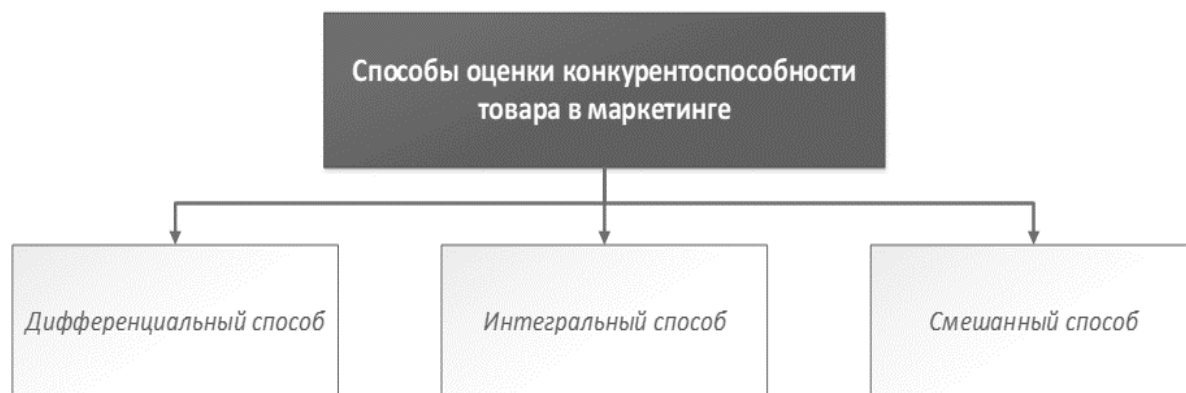


Рис.1. Способы оценки конкурентоспособности товара в маркетинге

Дифференциальный способ основывается на двух признаках: во-первых, оценивается только один параметр продукции, во-вторых, коэффициент включает в себя базу сравнения. В качестве базы сравнения могут выступать степень удовлетворения потребителя или другой товар.

Интегральный способ также характеризуется обязательным наличием базы сравнения. Но, в отличие от дифференциального, интегральный способ включает в себя сумму

показателей конкурентоспособности отдельных видов продукции с учётом весомости каждого вида продукции в общем объёме производства предприятия.

Смешанный способ осуществляется по общей формуле [2]:

$$K_c = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{K_{i0}} d_i + \frac{K_{гр}}{K_{гр0}} \quad (1)$$

где K_c - показатель конкурентоспособности товаров при смешанном методе; K_i - показатель i -го критерия конкурентоспособности товара; K_{i0} - показатель i -го критерия конкурентоспособности товара-образца (базы для сравнения); $K_{гр}$, $K_{гр0}$ - групповые (обобщенные) показатели конкурентоспособности оцениваемого товара и базового образца соответственно; d_i - весомость i -го критерия (показателя) конкурентоспособности.

В сфере управления качеством продукции на производстве конкурентоспособность товаров оценивается методом, предложенным профессором Тагути, через расчёт потерей общества (и производителя, и покупателя) из-за недостаточно высокого качества товара [3, с. 36]. Общая формула:

$$k = \frac{A}{\Delta^2} \quad (2)$$

где k - коэффициент потерей по качеству; Δ - величина допуска значений параметра, из-за которого возник дефект; A - стоимость дефекта.

Поскольку два эти способа оценки конкурентоспособности товара имеют разное происхождение, сравнить их не представляется возможным. Однако, у каждого способа есть свои преимущества и недостатки.

Основное преимущество маркетингового способа заключается в разнообразии формул. Этот позволяет специалистам оценить конкурентоспособность товара с разных сторон и сделать полученную информацию более полной и достоверной. Другое достоинство маркетингового способа – наличие базы сравнения. Один коэффициент содержит сразу два блока информации: во-первых, какова степень конкурентоспособности исследуемого товара, во-вторых, насколько товар более или менее конкурентоспособен относительно товара-конкурента.

Недостатком маркетингового способа является то, что значения всех коэффициентов возможно найти только после выхода товара на рынок, когда множество ресурсов уже было вложено в товар.

В то же время, коэффициент потери качества Тагути такую возможность предоставляет за счёт введения в формулу параметра Δ . Это и есть главное преимущество данного способа. В то же время, коэффициент потери качества не принимает во внимание сравнительную базу, что затрудняет анализ результатов расчёта. Также коэффициент Тагути оценивает конкурентоспособность товара только с одной точки зрения.

Как видно, два вышеописанных способа могут дополнить друг друга, если применить их в комплексе.

При более детальном изучении дифференциального способа оценки конкурентоспособности продукции была найдена формула, сопоставимая с коэффициентом потери качества Тагути. Это показатель затрат потребителя на приобретение и потребление продукции, который рассчитывается по формуле [2]:

$$Z = Z_e + \sum_{i=1}^T C_i, \quad (3)$$

где Z_e – единовременные затраты на приобретение продукции; C_i – средние суммарные затраты на сохранность продукции, относящиеся к i -му периоду ее гарантийного хранения; T – гарантийный срок хранения; i – срок (день, месяц, год) по порядку.

При этом:

$$C_i = \sum_{j=1}^n C_j, \quad (4)$$

где C_j – эксплуатационные затраты по j -й статье; n – количество статей затрат, связанных с сохраняемостью продукции.

Более того, этот показатель не только сопоставим с коэффициентом потери качества, но и является его составной частью, поскольку коэффициент потери качества включает в

себя затраты общества на производство и эксплуатацию товара, в том числе на приобретение и потребление товара потребителем.

В числителе формулы расчёта коэффициента потери качества (формула 2) профессор Тагути поставил букву «А», обозначив таким образом сумму денег, которую потребитель потратил на покупку товара. Как видно, этот показатель ощутимо уже показателя затрат на приобретение и потребление, а значит, замена А на З в формуле коэффициента потери качества оправдана. Так получаем формулу:

$$k = \frac{3}{\Delta^2}, \quad (3)$$

где З находится по формуле 3.

Однако даже после вышеприведённой замены новый коэффициент потери качества не включает в себя базы сравнения. Рассмотрим каким образом база сравнения была включена в маркетинговые показатели конкурентоспособности.

При оценке конкурентоспособности товаров по технологическим или экономическим параметрам значение единичного показателя исследуемого продукта рассчитывается по общей формуле [2]

$$K_i = \frac{P_i}{P_{i0}}, \quad (6)$$

где K_i – единичный показатель конкурентоспособности по i -му параметру; P_i – величина i -го параметра показателя для исследуемого продукта; P_{i0} – величина i -го параметра показателя образца (товара) базы сравнения.

Коэффициент потери качества можно отнести как к экономическим параметрам (так как выражается в денежных единицах), так и к технологическим (рассчитывается относительно конкретной технологической характеристики). В связи с этим целесообразно рассчитать по такой же формуле новый коэффициент потери качества для образца (базы сравнения), и найти их отношение. Результатом будет коэффициент потери качества по конкретному параметру товара с учётом базы сравнения, который считается по формуле 7.

$$K_i = \frac{k_i}{k_{i0}}, \quad (7)$$

где k_i и k_{i0} показатели коэффициента потери качества для исследуемого товара и товара из базы сравнения соответственно, которые рассчитываются по формуле 5.

Максимально полную информацию о конкурентоспособности товара предоставляют интегральные показатели. В маркетинговой сфере интегральный показатель продукции рассчитывается по формуле [2]: $K_{пр} = \sum_{i=1}^N K_i R_i$ (8), где $K_{пр}$ – интегральный показатель конкурентоспособности продукции данного предприятия относительно базы сравнения; K_i – показатель конкурентоспособности относительно i -го образца; R_i – весомость i -го образца в объеме производства данного предприятия; N – количество видов конкурентоспособных товаров, производимых данным предприятием.

Для расчёта нового интегрального коэффициента конкурентоспособности необходимо в качестве K_i использовать показатель, найденный по формуле 7.

Обычно данный показатель отражает конкурентоспособность продукции конкретного предприятия, но также он может отражать и конкурентоспособность одного товара (формула 8):

$$K_{тов} = \sum_{i=1}^N K_i R_i, \quad (8)$$

где $K_{тов}$ – интегральный показатель конкурентоспособности товара; K_i – показатель конкурентоспособности относительно базы сравнения по i показателю; R_i – весомость i -го показателя в формировании удовлетворения потребителя; N – количество показателей, формирующих удовлетворение потребителя.

Весомость (значимость) показателей формируется в ходе выявления набора параметров, участвующих в формировании удовлетворения потребителя и при последующем их ранжировании.

Итак, коэффициент конкурентоспособности, рассчитанный по формуле 8, отразит конкурентоспособность отдельного товара по всем технологическим параметрам

относительно выбранной базы сравнения. При этом, благодаря введению в формулу коэффициента потери качества Тагути, узнать значение этого коэффициента станет возможно до выхода товара на рынок, а, следовательно, до приобретения товара конечным потребителем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конкурентоспособность товаров и услуг [Электронный ресурс] <http://www.grandars.ru/college/ekonomika-firmy/konkurentosposobnost-tovara.html> (Дата обращения: 11.05.2018)
2. Л. Н. Чайникова, В.Н. Чайников Конкурентоспособность предприятия [Электронный ресурс] <http://www.aup.ru/books/m961/> (Дата обращения: 31.05.2018)
3. Леон Р. и др. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути. Пер с англ. – М.: «СЕЙФИ» 2002. – 384 с.

УДК 677.017

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЛЕТЕННЫХ ПОЛОТЕН

QUALITY ASSESSMENT OF WOVEN FABRICS

М.В. Томилова
M.V. Tomilova

Костромской государственный университет
Kostroma State University
E-mail: mv-tomilova@mail.ru

В статье приведены результаты исследований основных показателей качества, характеризующих стабильность структуры плетеных полотен из разных текстильных материалов. Для определения показателей качества разработаны новый метод и методики, реализуемые на автоматизированных устройствах. Предложены единичные и комплексный показатели для оценки стабильности структуры при сдвиге и изгибе.

Ключевые слова: плетеные полотна; стабильность структуры; показатели качества; сдвиг; изгиб.

The article presents the results of studies of the main quality indicators characterizing the stability of the structure of woven fabrics from different textile materials. To determine the quality indicators developed a new method and techniques implemented on automated devices. Single and complex indicators for the assessment of structure stability at shift and bending are proposed.

Keywords: woven fabric; the stability of the structure; quality indicator; shift; bend.

В настоящее время обеспечение требуемого уровня качества изготавливаемых плетеных полотен и изделий является актуальной задачей ввиду широкой области их применения [1 – 5]. Одним из основных показателей качества плетеных полотен является стабильность их структуры, которая характеризуется способностью сохранять углы между системами исходных элементов. Актуальность исследований стабильности структуры плетеных полотен обусловлена ограниченностью сведений о свойствах плетеных полотен и отсутствием нормативно-технической базы.

В качестве исходных материалов для изготовления объектов исследований применялись традиционные материалы для плетения: плетеный шнур ($T = 2,5$ г/м), вязаная тесьма ($T = 2,3$ г/м) и тканая лента ($T = 2,4$ г/м), как наиболее часто применяемые для изготовления плетеных изделий. С целью расширения ассортимента плетеных полотен и развития безотходного производства для изготовления объектов исследований

использовались нетрадиционные материалы для плетения – концы льняной ровницы мокрого способа прядения ($T = 980$ текс).

Плетеные полотна изготавливались ручным способом на специальном стенде двуаксиальным и триаксиальным переплетениями (табл. 1) прямого типа, который характеризуется ортогональным расположением систем исходных элементов в плоскости плетения. В процессе плетения обеспечивалась непрерывность систем, и осуществлялся контроль натяжения переплетаемых материалов. Плетеные полотна триаксиального переплетения прямого типа изготавливались с правой (Z) третьей системой, направленной слева вверх направо и расположенной под углом 45° к горизонтальной системе.

Для количественной оценки способности плетеных полотен сохранять углы между системами исходных элементов предложен разработанный и запатентованный метод определения релаксационных свойств материалов при сдвиге [6], который реализуется на автоматизированном устройстве [7] измерительного комплекса.

Стабильность структуры при сдвиге плетеных полотен оценивалась абсолютными ($P_{сдв}$, $A_{сдв}$, $A_{всдв}$, $\Delta\phi$) и относительными ($\Delta P_{сдв}$, $K_{сдв}$) характеристиками (табл. 2) [8 – 10].

Таблица 1

Характеристика строения и массы плетеных полотен

№ полотна	Переплетение плетеного полотна		Поверхностная плотность M_s , г/м ²	Геометрическая плотность b_i , мм	
	Вид	Условное обозначение		b_Γ	b_B
Льняная ровница					
1	Двуаксиальное	Г-В	452	b_Γ	4,5
				b_B	4,6
2	Триаксиальное	Г-В-Z(45°)	775	b_Γ	4,2
				b_B	3,5
				b_Z	3,5
Шнур плетеный					
3	Двуаксиальное	Г-В	825	b_Γ	5,0
				b_B	5,0
4	Триаксиальное	Г-В-Z(45°)	1660	b_Γ	5,0
				b_B	5,0
				b_Z	4,0
Тесьма вязаная					
5	Двуаксиальное	Г-В	650	b_Γ	5,0
				b_B	5,0
6	Триаксиальное	Г-В-Z(45°)	1010	b_Γ	5,0
				b_B	5,0
				b_Z	3,8
Лента тканая					
7	Двуаксиальное	Г-В	530	b_Γ	11,0
				b_B	11,0
8	Триаксиальное	Г-В-Z(45°)	840	b_Γ	11,0
				b_B	11,0
				b_Z	11,0

Примечание: b_B – плотность по вертикали, b_Γ – плотность по горизонтали, b_Z – плотность правой системы.

Анализ результатов исследований (см. табл. 2) показал, что плетеные полотна триаксиальных переплетений обладают более стабильной структурой по сравнению с полотнами двуаксиальных переплетений. Сравнительная оценка стабильности структуры плетеных полотен из разных исходных материалов по коэффициентам устойчивости

позволила установить рациональные варианты структур для проектирования изделий – полотна из тканых лент и льняной ровницы.

Таблица 2

Характеристики стабильности структуры при сдвиге плетеных полотен

№ полотна	Жесткость при сдвиге $P_{сдв1}$, сН	Падение усилия, $\Delta P_{сдв} = 100(P_{сдв1} - P_{сдв2}) / P_{сдв1}$, %	Работа сдвига $A_{сдв}$, мкДж	Коэффициент устойчивости структуры при сдвиге, $K_{сдв} = 100A_{Всдв}/A_{сдв}$, %	Изменения углов между системами исходных элементов после сдвига и отдыха $\Delta\phi$, град	
					$\phi_{Г-В}$	$\phi_{Z-Г}$
1	21,76	16,18	116,30	72,80	$\phi_{Г-В}$	3,0
2	45,30	5,01	217,87	82,20	$\phi_{Г-В}$	1,5
					$\phi_{Z-Г}$	1,0
3	36,28	25,4	185,3	64,18	$\phi_{Г-В}$	4,9
4	68,30	20,40	331,50	63,4	$\phi_{Г-В}$	4,5
					$\phi_{Z-Г}$	4,3
5	37,66	26,15	193,51	56,43	$\phi_{Г-В}$	5,0
6	53,20	23,48	276,72	62,40	$\phi_{Г-В}$	4,5
					$\phi_{Z-Г}$	4,4
7	53,67	16,97	304,31	75,89	$\phi_{Г-В}$	3,5
8	78,35	14,89	441,78	78,45	$\phi_{Г-В}$	3,2
					$\phi_{Z-Г}$	3,0

Примечание: $\phi_{Г-В}$ – угол между горизонтальной и вертикальной системами, $\phi_{Z-Г}$ – угол между правой и горизонтальной системами.

Сведения по изменениям углов между системами исходных элементов от их первоначального положения после сдвига и отдыха актуальны при проектировании плетеных полотен из исходных текстильных материалов с разным художественно-колористическим оформлением. Большие значения изменений углов будут приводить к нарушению зрительного восприятия рисунка переплетения.

Исследования показали, что изменения углов между системами исходных элементов после сдвига и отдыха для стабильных структур – полотен триаксиальных переплетений из льняной ровницы, не превышают 2,0 градусов, что делает их наиболее предпочтительными при проектировании плетеных изделий.

Для полотен объемной формы или принимающих ее вследствие огибания поверхности в процессе эксплуатации предложен дополнительный показатель качества – стабильность структуры плетеных полотен при изгибе.

Определение характеристик стабильности структуры при изгибе плетеных полотен (табл. 3) осуществлялось по усовершенствованной методике [11], реализуемой на автоматизированном устройстве [12].

Таблица 3

Характеристики стабильности структуры при изгибе плетеных полотен

№ полотна	Жесткость при изгибе $P_{и}$, сН	Работа изгиба $A_{и}$, мкДж	Работа восстановления после изгиба $A_{Ви}$, мкДж	Коэффициент устойчивости структуры при изгибе, $K_{и} = 100A_{Ви}/A_{и}$, %
1	24,20	107,98	73,43	68,00
2	33,20	122,13	91,48	74,90
3	8,67	45,29	15,91	35,14

4	28,40	106,84	43,42	40,64
5	12,20	57,54	21,17	36,8
6	34,40	84,65	35,81	42,3
7	7,30	35,47	13,48	37,97
8	21,20	54,78	29,26	53,42

Анализ характеристик стабильности структуры при изгибе плетеных полотен показал, что лучшими показателями обладают плетеные полотна двааксиального и триаксиального переплетения из льняной ровницы.

Предложенные метод и методика определения единичных показателей позволяют оценить стабильность структуры плетеных полотен при определенном виде деформации. Для комплексной оценки качества плетеных полотен предложен показатель K , % – коэффициент стабильности структуры, который учитывает стабильность структуры плетеных полотен при сдвиге и при изгибе:

$$K = \sqrt{K_{\text{сдв}} K_{\text{и}}} \quad (1)$$

Полученные сведения о стабильности структуры исследуемых объектов по комплексному показателю (рис. 1) показали, что комплексный показатель сохраняет тенденцию единичных показателей: триаксиальные плетеные полотна обладают более стабильной структурой, чем полотна двааксиальных переплетений.

Научно обоснованный выбор плетеных структур для проектирований изделий в зависимости от предъявляемых к ним требований можно осуществлять как по единичным показателям, так и с учетом значений комплексного показателя: чем ближе значения комплексного показателя к 100 %, тем выше стабильность структуры плетеного полотна.

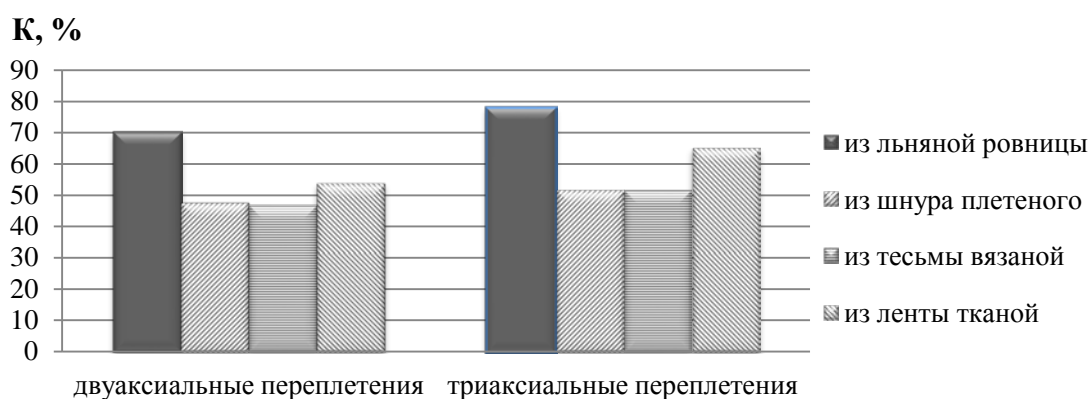


Рис.1. Комплексные показатели стабильности структуры плетеных полотен

Проведенные исследования позволили получить новые справочные сведения о стабильности структуры при сдвиге и изгибе плетеных полотен из разных исходных материалов, а также установить рациональные структуры для проектирования. Сведения по характеристикам стабильности структуры плетеных полотен будут способствовать созданию количественной базы САПР, реализации безотходного производства и расширению области применения модульных технологий в индустрии моды, что позволит обеспечить требуемый уровень качества выпускаемых плетеных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Томилова, М.В. Технология изготовления головных уборов плетением / М.В. Томилова, Н.А. Смирнова // Тезисы докл. всерос. научн. студ. конф. «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2013)», 2013 г. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. – С.35.

2. Томилова, М.В. Применение плетеных текстильных полотен в дизайне интерьера / М.В. Томилова // Инновационное развитие легкой промышленности: сб. статей междунар. научн.-практич. конф. молодых специалистов и ученых. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. – С. 234-238.
3. Лаврис, Е.В. Развитие бесшовных технологий в швейной промышленности: от одежды до космических высот [Текст] / Е.В. Лаврис, Е.М. Базаев, Е.Г. Андреева // История науки и техники. – 2008. – № 11. – С. 41-49.
4. Пастухова, Е.А. Плетельные технологии для изготовления бесшовных заготовок верха обуви / Е.А. Пастухова, Е.В. Лаврис, В.В. Костылева // Научная перспектива. – 2011. – № 6. – С. 69-72.
5. Донецкий, К.И. Использование технологий плетения при производстве элементов конструкций из ПКМ [Электронный ресурс] / К.И. Донецкий, Д.И. Коган, А.В. Хрульков // Труды ВИАМ. – 2013. – № 10. – Режим доступа: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=253
6. Пат. 2549497, Российская Федерация, МПК G01N 3/36. Способ определения релаксационных свойств материалов при сдвиге / Лапшин В.В., Томилова М.В., Смирнова Н.А., Замышляева В.В., Добрынина Н.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Костромской государственной технологической университет». – № 2013134117/15; заяв. 19.07.2013; опубл. 27.04.2015, Бюл. № 12.
7. Пат. 45189, Российская Федерация, МПК G01N 3/36. Устройство для определения формовочных свойств тканей / Смирнова Н.А., Лапшин В.В., Морилова Л.В. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Костромской государственной технологической университет». – №2004127359/22; заяв. 13.09.2004; опубл. 27.04.2005, Бюл. №12.
8. Смирнова Н. А. Влияние строения плетеных полотен на релаксационные характеристики при сдвиге / Н. А. Смирнова, М. В. Томилова // Дизайн и технологии. – 2015.– № 47. – С. 63–68.
9. Томилова М. В. Исследование свойств плетеных полотен разного строения при сдвиге/ М. В. Томилова // Вестник КГТУ. – Кострома : Изд-во Костром. гос. техол. ун-та, 2015. – №2. – С. 29–31.
10. Томилова М. В. Оценка стабильности структуры плетеных полотен / М. В. Томилова, Н. А. Смирнова // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 4. – С. 24–28.
11. Пат. № 2422822, Российская Федерация, МПК G01N 33/36. Способ определения релаксационных свойств материалов при изгибе / Замышляева В.В, Смирнова Н.А., Лапшин В.В., Козловский Д.А., Хохлова Е.Е.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Костромской государственной технологической университет». – № 2009127130/15; заяв. 14.07.2009; опубл. 20.01.2011, Бюл. № 2.
12. Лапшин В.В. Автоматизированное устройство для определения жесткости и упругости материалов и пакетов материалов / В. В. Лапшин, Н. А. Смирнова, Д. А. Козловский // Вестник КГТУ. – 2004. – № 9. – С. 32–34.

РАССАСЫВАЮЩИЕСЯ ПЛЕТЕННЫЕ ХИРУРГИЧЕСКИЕ НИТИ С АНТИМИКРОБНЫМ ПОКРЫТИЕМ

ABSORBABLE WOVEN SURGICAL SUTURES WITH ANTIMICROBIAL COATING

В.А. Жуковский¹, Т.Ю. Анущенко¹, Н. Тагандурдыева¹, В.В. Свистов², И.М. Кириченко²
V. A Zhukovsky¹, T.Yu. Anuschenko¹, D. Tagandurdyuva¹, V.V.Svistov², I.M. Kirichenko²

¹Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна
²ООО «ИНФАМЕД», (Москва)

¹St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Russia

²ООО «INFAMED», Russia, (Moscow)

E-mail: rdd.lintex@gmail.com¹, atu0106@ya.ru¹, jemala_96@mail.ru¹, infamed@infamed.ru²

Получены антимикробные хирургические шовные нити с мирамистином на основе полигликолида путем нанесения полимерного покрытия. В качестве полимерного покрытия использовали растворы поли-ε-капролактона и сополимера DL-лактида и гликолида в 1,3-диоксолане. Изучена равномерность полимерного покрытия, определена антимикробная активность и ее продолжительность.

Ключевые слова: мирамистин, полимерное покрытие, мирамистин, сополимер DL-лактида и гликолида, поли-ε-капролактон, 1,3-диоксолан, антимикробная рассасывающаяся нить.

Antimicrobial surgical sutures based on polyglycolide with miramistine were obtained by applying a polymer coating. Solutions of poly-ε-caprolactone and a copolymer of DL-lactide and glycolide in 1,3-dioxolane are used as a polymer coating. The uniformity of the polymer coating, antimicrobial activity and its duration were investigated.

Key words: miramistin, polymeric coating, miramistin, DL-lactide-glycolide copolymer, poly-ε-caprolactone, 1,3-dioxolane, antimicrobial absorbable filament.

В хирургии основным методом соединения тканей является наложение шва с помощью хирургических нитей. От их физических и химических свойств может зависеть итог операции. С древних времен в качестве хирургических шовных материалов (ХШМ) использовали шелковые нити, конский волос, хлопок, лен, кетгут, сухожилия крыс и оленей [1]. В настоящее время в качестве ХШМ чаще всего применяются синтетические нити.

Одним из перспективных направлений использования полимерных материалов в медицине является разработка рассасывающихся ХШМ. В ряде клинических ситуаций ХШМ должны функционировать в организме только ограниченное время, то есть после выполнения своей задачи требуют извлечения из организма, а именно проведения дополнительной операции. Аналогичные изделия, произведенные из рассасывающихся полимеров, после выполнения своих функций резорбируются под действием биологических сред и продукты деструкции выводятся из организма, не оказывая при этом токсического действия [2].

Скорость снижения прочности нити должна быть соизмерима с темпами восстановления прочности ушитой раны. Механизм рассасывания преимущественно гидролитический или энзиматический в зависимости от вида нити [1-3].

Несмотря на прогресс в создании ХШМ, такие вопросы как влияние их на окружающие ткани, процессы заживления, частоту развития инфекционных осложнений остаются нерешенными. Инфекция в области хирургического вмешательства (ИОХВ) по распространенности занимает третье место, в связи с чем лечение ее является одной из актуальных проблем современной хирургии [4]. Из числа ИОХВ две трети локализуются в зоне разреза и одна треть затрагивает органы и полости в области хирургического доступа.

Положительные результаты использования при ИОХВ местной антибактериальной терапии послужили поводом к разработке антимикробных хирургических шовных материалов.

Считается [5], что ХШМ после имплантации быстро подвергаются колонизации патогенной микрофлорой, образующей сообщества, защищенные от окружающей среды оболочками, которые называются биопленками. С этой точки зрения эффективнее воздействовать антимикробными препаратами на биопленку изнутри, так как при этом не приходится преодолевать защитные оболочки.

Однако известные антимикробные хирургические нити не полностью удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям, поэтому продолжаются исследования и разработки в этой области.

Учитывая изложенное, целью данной работы является получение и исследование рассасывающихся антимикробных хирургических нитей.

В качестве объекта исследования был выбран плетеный хирургический шовный материал на основе полигликолида (полигидроксиацетиловой кислоты – ПГА). Для нанесения полимерных покрытий использованы следующие полимеры фирмы «Puras» (Голландия):

1. Purasorb PC12. Полимер представляет собой гомополимер ϵ -капролактона. Формула: $(C_6H_{10}O_2)_n$.

2. Purasorb PDLG5004. Полимер представляет собой сополимер DL-лактида и гликолида в молярном соотношении 50/50. Формула: $(C_6H_8O_4 * C_4H_4O_4)_n$.

Для придания нити антимикробных свойств использовали антимикробный препарат широкого спектра действия – мирамистин.

Многочисленными клиническими исследованиями доказана высокая активность Мирамистина в отношении бактерий, грибов, вирусов и простейших, включая госпитальные полирезистентные штаммы, а так же доказана способность препарата повышать местный иммунитет, усиливать процессы регенерации и снимать воспаления [6].

Он обладает выраженным антимикробным действием в отношении грамположительных и грамотрицательных, аэробных и анаэробных, спорообразующих и аспорогенных бактерий в виде монокультур и микробных ассоциаций, включая антибиотикоустойчивые госпитальные штаммы.

Придание антимикробной активности рассасывающейся полигликолидной нити осуществляли путем нанесения полимерного покрытия, в которое вводили антимикробный препарат. Для нанесения покрытия использовали растворы полимеров поли- ϵ -капролактона и сополимера DL-лактида и гликолида в 1,3-диоксолане, содержащие мирамистин, который также хорошо растворяется в данном растворителе.

Нанесение полимерного покрытия осуществляли на опытной установке, которая включала узел размотки, узел пропитки ХШМ раствором полимера, отжимное устройство, на котором удаляли излишки раствора, сушильную камеру и узел намотки на приемную паковку.

Нить с входной паковки со скоростью 3,5 м/мин поступает в раствор полимера в 1,3-диоксолане, содержащий мирамистин. Нить выходит вертикально вверх строго по центру через калиброванное отверстие для удаления избытка раствора, сушится в шахте без обдува и наматывается на приемную бобину.

Анализ литературных источников показал, что оптимальным является нанесение на нить покрытия в два слоя. При нанесении первого покрытия полимер проникает между филаментами нити, а при нанесении второго – образует на нити «рубашку». На рисунке 1 представлена блок-схема получения антимикробных полигликолидных нитей с полимерным покрытием.

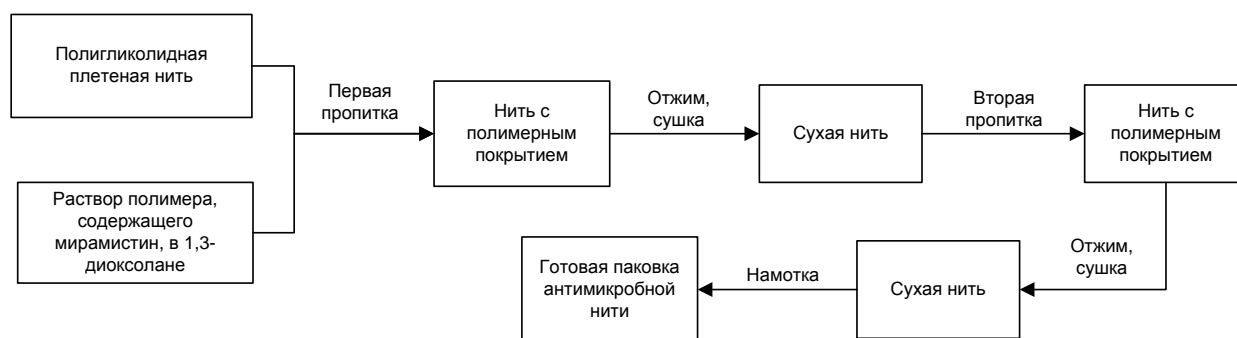


Рис.1. Блок схема получения антимикробной ПГА нити

Для первого и второго покрытия использовали 2, 5 и 10 % растворы полимеров в 1,3-диоксолане. Мирамистин вводили в оба покрытия в количестве 10 % от массы полимера.

Варианты и результаты нанесения на ПГА нити полимерного покрытия, содержащего мирамистин, представлены в таблицах 1 и 2.

Увеличение концентрации полимера в растворе способствует повышению массы покрытия на нити и содержания мирамистина. Более существенно на эти показатели влияет увеличение концентрации полимера при нанесении второго покрытия (варианты 4,6,7). Наибольшее количество полимера удается нанести при использовании 10%-ных растворов полимера для формирования первого и второго покрытия. При этом наблюдается максимальное содержание мирамистина на нити.

Следует отметить, что при использовании поли-ε-капролактона удается нанести на нити значительно большее количество полимерного покрытия, что приводит к существенному увеличению содержания мирамистина на нити.

Таблица 1

Нанесение на ПГА нити покрытий из растворов поли-ε-капролактона с мирамистином

Варианты нанесения покрытий	Концентрация растворов (%) при нанесении				Содержание на нити, % от массы нити, (мг/г)	
	первого покрытия		второго покрытия			
	полимера	мирамистина	полимера	мирамистина	полимерного покрытия	мирамистина
1	2	10	-	-	0,83 (7,3)	0,09 (0,7)
2	2	10	2	10	1,79 (15,2)	0,18 (1,5)
3	2	10	5	10	2,81 (27,6)	0,28 (2,8)
4	2	10	10	10	6,61 (65,0)	0,66 (6,5)
5	5	10	5	10	4,74 (46,3)	0,47 (4,6)
6	5	10	10	10	8,17 (82,7)	0,82 (8,3)
7	10	10	10	10	10,52 (109,0)	1,07 (10,9)

Таблица 2

Нанесение на ПГА нити покрытий из растворов сополимера DL-лактида и гликолида с мирамистином

Варианты нанесения покрытий	Концентрация растворов (%) при нанесении				Содержание на нити, % от массы нити, (мг/г)	
	первого покрытия		второго покрытия			
	полимера	мирамистина	полимера	мирамистина	полимерного покрытия	мирамистина
1	2	10	-	-	0,36 (4,3)	0,036 (0,4)
2	2	10	2	10	0,67 (9,7)	0,067 (0,9)
3	2	10	5	10	0,82 (11,9)	0,082 (1,2)
4	2	10	10	10	2,50 (35,7)	0,25 (3,6)
5	5	10	5	10	2,12 (31,0)	0,21 (3,1)
6	5	10	10	10	2,55 (37,0)	0,25 (3,7)
7	10	10	10	10	4,65 (69,3)	0,47 (6,9)

Для оценки эффективности антимикробного действия ПГА плетеных нитей с полимерным покрытием, содержащим мирамистин, исследовали процесс десорбции препарата в физиологический раствор (0,9 % раствор хлорида натрия). Десорбцию проводили, выдерживая образцы нитей в физиологическом растворе при температуре (37 ± 1) °С (т.е. близкой к температуре человеческого тела) и модуле ванны 30. Содержание перешедшего в раствор мирамистина определяли через 2, 4, 6, 24, 72, 120 и 288 часов фотоколориметрическим методом [7]. В каждом цикле образцы заливали свежей порцией физиологического раствора. Полученные результаты представлены в таблицах 3 и 4.

Как видно из представленных данных, количество десорбированного мирамистина зависит от содержания мирамистина в исходной нити.

Таблица 3

Влияние экспозиции антимикробных полигликолидных нитей с полимерным покрытием на основе поли-ε-капролактона в физиологическом растворе на количество десорбированного мирамистина

Вариант нанесения покрытия	Количество мирамистина в исходной нити	Количество десорбированного мирамистина мг/г нити (% от исходного содержания) после выдерживания в физиологическом растворе в течение, ч							
		2	4	6	24	120	144	168	288
1	0,7	0,25 (35)	0,4 (57)	0,55 (79)	0,65 (93)				
2	1,5	0,72 (48)	0,97 (64)	1,14 (76)	1,26 (84)	1,45 (97)			
3	2,8	0,95 (34)	1,96 (70)	2,35 (84)	2,48 (89)	2,63 (94)			
4	6,5	3,33 (51)	3,75 (58)	4,12 (63)	4,7 (72)	4,95 (76)	5,12 (79)	5,33 (82)	5,45 (84)
5	4,6	2,33 (50)	2,69 (58)	3,04 (66)	3,61 (78)	3,86 (84)	4,04 (88)	4,21 (91)	4,41 (96)
6	8,3	4,19 (50)	4,71 (56)	5,07 (61)	5,59 (67)	5,87 (71)	6,03 (73)	6,35 (77)	7,1 (86)
7	10,9	4,87 (44)	5,31 (49)	5,66 (52)	6,16 (57)	9,16 (84)	9,36 (86)	9,6 (88)	10,3 (94)

Таблица 4

Влияние экспозиции антимикробных полигликолидных нитей с покрытием из сополимера DL-лактида и гликолида в физиологическом растворе на количество десорбированного мирамистина

Вариант нанесения покрытия	Количество мирамистина в исходной нити	Количество десорбированного мирамистина мг/г нити (% от исходного содержания) после выдерживания в физиологическом растворе в течение, ч							
		2	4	6	24	120	144	168	288
1	0,43	0,14 (32)	0,31 (72)	0,39 (91)					
2	0,98	0,37 (38)	0,54 (56)	0,79 (81)	0,90 (93)				
3	1,19	0,55 (46)	0,63 (53)	1,06 (89)	1,12 (94)				
4	3,57	1,39 (39)	1,75 (49)	2,32 (65)	2,57 (72)	2,78 (78)	2,99 (84)	3,43 (96)	
5	3,10	1,55 (50)	1,74 (56)	2,2 (71)	2,39 (77)	2,67 (86)	2,79 (90)	2,91 (94)	
6	3,70	1,66 (45)	1,19 (54)	2,89 (78)	2,96 (80)	3,22 (87)	3,33 (90)	3,48 (94)	

7	6,93	3,19 (46)	3,6 (52)	4,64 (67)	5,27 (76)	5,54 (80)	5,96 (86)	6,24 (90)	
---	------	--------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--

Для изучения антимикробной активности использовали грамположительные бактерии *Stafilococcus Aureus* ATCC 25923. Антимикробную активность оценивали по величине зоны ингибиции роста микроорганизмов от края образца.

Как видно из таблицы 5, все хирургические нити, содержащие мирамистин в двух полимерных покрытиях, проявляют антимикробную активность в отношении *St. Aureus*, и зона ингибиции возрастает до определенного предела в соответствии с увеличением содержания мирамистина на нити.

После выдерживания нитей в физиологическом растворе в течение 5 суток антимикробная активность частично сохраняется у нитей, на которые нанесено второе покрытие из 10 % раствора полимера, а так же у нитей, на которые оба покрытия нанесены из 5 % раствора полимера. Наибольшей активностью обладают нити, на которые оба полимерных покрытия нанесены из 10% растворов полимера. Эти же нити сохранили небольшую зону лизиса после 14 суточного выдерживания их в физиологическом растворе.

Таблица 5

Влияние полимерного покрытия с мирамистином на антимикробную активность хирургических нитей

Варианты нанесения покрытий	Зоны угнетения роста <i>St.aureus</i> ATCC 25923 вокруг шовной нити, мм					
	Наносимый на нить полимер					
	до десорбции	поли-ε-капролактон		до десорбции	сополимер DL-лактида и гликолида	
		после десорбции в течение, суток			после десорбции в течение, суток	
	5	14		5	14	
1	под образцом	0	0	-	-	-
2	2,0	0	0	2,5	0	0
3	3,5	0	0	3,0	0	0
4	6,0	2,0	Нет роста под образцом	5,0	2,0	0
5	4,0	2,0	0	4,0	2,0	0
6	6,0	2,0	0	6,0	2,0	0
7	6,0	2,5	1,0	6,0	2,75	1,0

На рисунках 2 и 3 представлены микрофотографии поверхности хирургических нитей с покрытиями из поли-ε-капролактона и сополимера DL-лактида и гликолида.

Следует отметить, что только при использовании 10% растворов поли-ε-капролактона, содержащих мирамистин, наблюдается образование равномерного полимерного покрытия на нити.

На основании результатов экспериментальных исследований предлагается для придания антимикробных свойств рассасывающимся нитям на основе полигликолида использовать введение мирамистина в полимерное покрытие из поли-ε-капролактона и следующий режим двукратного нанесения покрытия на нить с использованием 10%-ного раствора полимера в 1,3-диоксолане, содержащего 10% мирамистина от массы полимера, при нанесении каждого покрытия.

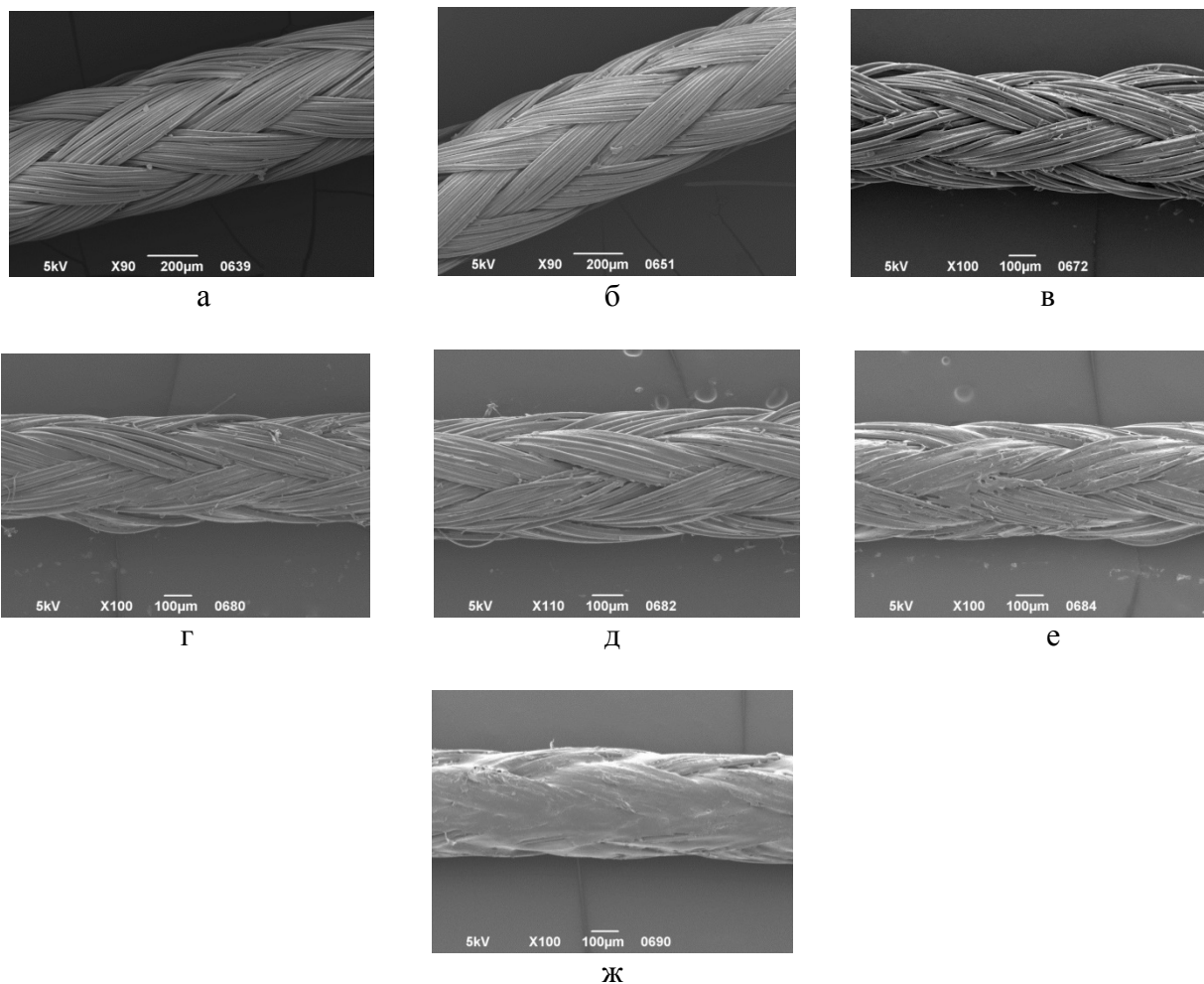
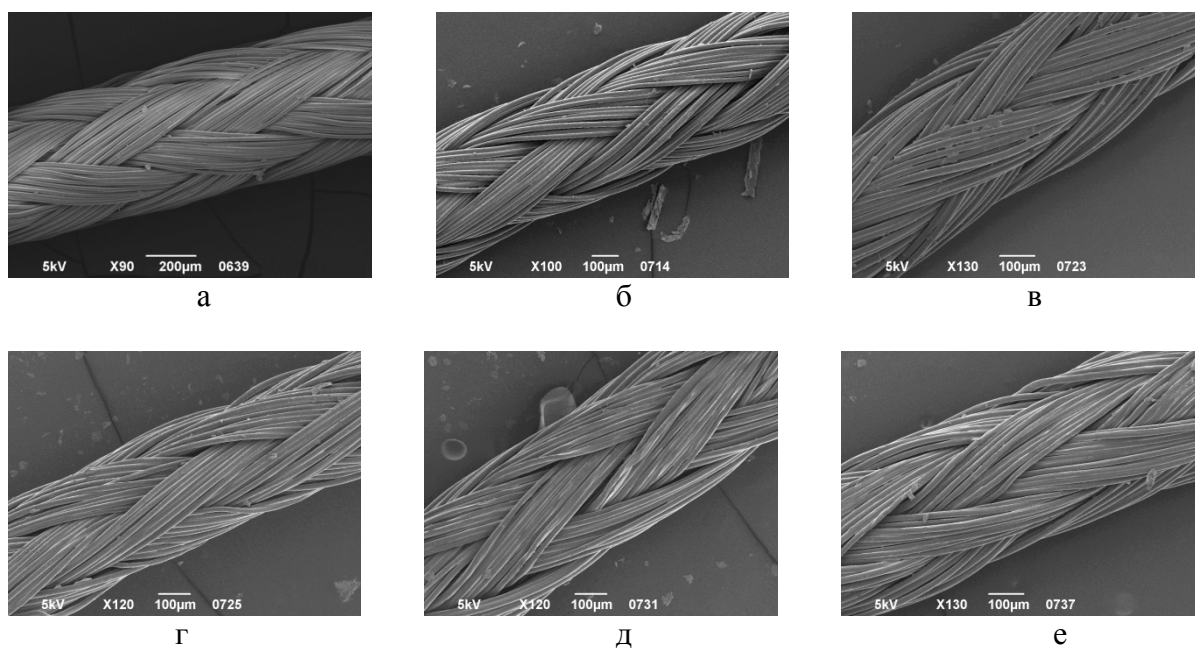
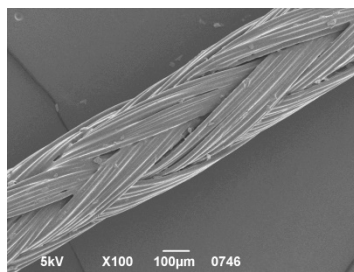


Рис.2. Электронные микрофотографии поверхности: исходная нить (а), антимикробные нити с полимерным покрытием на основе поли-ε-капролактона (б-ж), содержащим мирамистин. Варианты нанесения покрытия: б-2, в-3, г-4, д-5, е-6, ж-7





Ж

Рис.3. Электронные микрофотографии поверхности: исходная нить (а), антимикробные нити с покрытием из сополимера DL-лактида и гликолида, содержащим мирамистин (б-ж).
Варианты нанесения покрытия: б-2, в-3, г-4, д-5, е-6, ж-7

- получена и исследована рассасывающаяся хирургическая шовная нить на основе полигликолида с антимикробными свойствами;

- антимикробный эффект придавали нити путем введения мирамистина в полимерное покрытие, которое получали путем двукратной обработки нити растворами полимера поли-ε-капролактона или сополимера DL-лактида и гликолида в 1,3-диоксолане, содержащими 10 % мирамистина. Использовали 2, 5, 10 % растворы полимеров. Установлено, что наиболее равномерное покрытие с большим содержанием полимера и мирамистина на шовной нити получается в случае использования для каждого покрытия 10 % раствор поли-ε-капролактона в 1,3-диоксолане, содержащего 10 % мирамистина;

- изучена кинетика десорбции мирамистина из антимикробных нитей в физиологический раствор, показавшая, что наиболее длительно (более 12 суток) сохраняется мирамистин в ПГА-нити с покрытием из поли-ε-капролактона, нанесенным двукратно из 10% раствора полимера в 1,3-диоксолане, содержащим 10% мирамистина от массы полимера. При исследовании антимикробной активности установлено, что нити сохраняют антимикробную активность после 14 суток пребывания в физиологическом растворе;

- при исследовании поверхности антимикробных ХШМ установлено, что только при нанесении покрытий из 10% растворов поли-ε-капролактона, содержащих мирамистин, наблюдается образование на нити равномерного полимерного покрытия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буянов, В.М. Хирургический шов [Текст] / В.М. Буянов, В.Н. Егиев, О.А. Удотов. – ЗАО «Фирма Антис», 2000. – 93 с.
2. Седуш, Н.Г. Кинетика полимеризации лактида и гликолида, свойства и биомедицинские применения полученных полимеров [Текст]: дис. на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук / Н.Г. Седуш – М., 2015. – 151 с.;
3. Ефименко, Н.А. Профилактика инфекций области хирургического вмешательства в травматологии и ортопедии [Текст] / Н.А. Ефименко // Инфекции в хирургии. – 2009. – №2 . – С.15 – 17;
4. Мохов, Е.М. Морфологическая оценка течения фазы воспаления при заживлении экспериментальной раны, зашитой с помощью нового биологически активного шовного материала [Текст] / Е.М. Мохов, М.Б. Петрова, А.В. Жеребченко // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 7(2). – С. 353 – 356;
5. Тец, В.В. Микроорганизмы и антибиотики. Сепсис [Текст] / В.В. Тец. – СПб: Эскулап, 2003. – 230 с.;
6. Дунаевский, А.М. Клиническое обоснование использования препарата Мирамистин в терапии инфекционно-воспалительных заболеваний респираторной системы. Обзор литературы [Текст] / А.М. Дунаевский, И.М. Кириченко // Поликлиника. – 2013. - № 5(3)-13. –С. 6-12.

7. Пат. 2269774 Российская федерация МПК G01N33/15 Способ определения концентрации $C_{26}H_{47}ClN_2O$ [Текст] / патентообладатель: ООО научно-производственная фирма «Флоби». – № 2004106127/15 от 03.03.2004, опубл.: 10.02.2006.

УДК: 617-7, 678, 576.08

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОРИЕНТИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МОНОНИТЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛИЛАКТИДА И НАНОФИБРИЛ ХИТИНА

MECHANICAL PROPERTIES OF ORIENTED COMPOSITE MONOFILAMENTS BASED ON POLYLACTIDE AND CHITIN NANOFIBRILLS

К.В. Малафеев¹, О.А. Москалюк², В.Е. Юдин¹, П. Морганти³
K.V. Malafeev¹, O.A. Moskalyuk², V.E. Yudin¹, P. Morganti³

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

²Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

³Университет города Наполи

¹Peter the Great St.-Petersburg Polytechnic University

²Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

³II University of Naples

Получены лабораторные образцы ориентированных образцов мономеров на основе полилактида и нанофибрил хитина. Изучено влияние концентрации наполнителя на механические свойства образцов ориентированных в 4 и 6 раз.

Ключевые слова: композит, ориентационная вытяжка, полилактид, механические свойства, хитин.

Laboratory samples monofilaments of oriented composites based on polylactide filled with chitin nanofibrills were obtained. The effect of the concentration of filler particles on the mechanical properties of oriented for 4 and 6 times composites.

Keywords: composite, orientation draw, polylactide, mechanical properties, chitin.

Широта применения полимеров в медицине растет с каждым годом. Полученные материалы облегчают специалистам выполнение задач, связанных с лечением и реабилитацией пациентов. Но применение полимеров в человеческом организме ограничено биосовместимостью данных материалов, то есть выполнением материалом своей функции, не оказывая отрицательного влияния на ткани организма. Одним из наиболее известных и распространенных материалов является полилактид (ПЛА). Полилактид – термопластичный полиэфир, обладающий биосовместимостью и биодеградируемостью. В зависимости от мономера, полилактид бывает L-, D- или смесью этих форм.

Полилактид является хорошо исследованным биоматериалом, он применяется в качестве ряда медицинских устройств, включая ортопедические штифты и системы доставки лекарств. Широкое применения ПЛА в медицине обеспечивают его такие свойства как:

- ✓ Биосовместимость
- ✓ Нетоксичность
- ✓ Хорошие механические свойства
- ✓ Гидролитическое расщепление.

Более того продуктами расщепления ПЛА является молочная кислота, которая включается в цикл трикарбоновых кислот и выводится из организма естественным путем [1].

Таким образом, ПЛА может являться перспективным материалом при разработке шовных хирургических изделий. Кроме того, следует подчеркнуть, что шовные нити из ПЛА

могут быть получены по расплавной технологии и для её реализации не требуется растворитель. Для создания хирургических нитей это очень важно, поскольку многие растворители являются токсичными для человеческого организма и их остатки в мононитях могут нанести ему вред.

Несмотря на широкий выбор хирургических нитей, выбранный хирургом материал не всегда отвечает заявленным требованиям. Одной из современных проблем шовного материала является длительная деградация нити после выполнения функции поддержания шва. Так, при долгом нахождении материала в организме начинается его инкапсулирование и воспаление места шва. Поэтому, одной из важных задач является сокращение времени деградации хирургического материала после выполненной им функции. Одним из опытов решения данной проблемы было создание сополимера лактид-гликолид, с различным процентным соотношением мономеров. По данным M. Zilberman [2] время биодegradации сополимера сокращается при увеличении количества гликолида в материале и может достигать 12 недель (для чистого полилактида 1,5 года). Но данная композиция имеет ряд недостатков: непредсказуемая деградация в условиях организма, которая зависит от ряда параметров, например, плотности и размера, формы и пористости полимерного изделия; изменение pH окружающих тканей при биодegradации, вызывающая токсическую реакцию со стороны окружающих имплантат тканей; недостаточная механическая прочность. Это ограничивает применение данного сополимера в качестве биомедицинского материала. Поэтому сополимер лактид-гликолид на данный момент широко применяется преимущественно для доставки лекарств и в системах пролонгированного действия [3].

Одним из возможных путей решения проблемы сокращения времени деструкции мы видим в создании композиционных мононитей на основе ПЛА и специальных биосовместимых нанонаполнителей, позволяющих уменьшить срок деструкции материала. На сегодняшний день существуют композиты из ПЛА, но отсутствует практически информация о разработке композиционных хирургических шовных нитей [4].

Поэтому важной целью данной работы является разработка лабораторных образцов композиционных мононитей на основе ПЛА и биосовместимых нанодобавок, которые в дальнейшем могут быть использованы в качестве хирургических изделий с регулируемым сроком биорезорбции.

Задачи проекта:

1. Подбор технологических параметров переработки по расплавной методике ПЛА и композитов на его основе в виде мононитей
2. Создание лабораторных образцов мононитей из чистого ПЛА и композитов на его основе по расплавной технологии.
3. Исследование механического поведения полученных образцов

В качестве матрицы для создания мононитей использовался полилактид Nature Works 2003D. В качестве наполнителя использовались хитиновые наночастицы, полученные в университете Неаполя, Италия. Степень наполнения равнялась 0,1,3,5,10 % от массы полимера.

Формование мононитей из ПЛА проводили на двухшнековом микросмесителе “DSM Xplore 5 ml Microcompounder”, фирмы “DSM Xplore” (Нидерланды) при скорости вращения шнеков 50 мин⁻¹ и температуре 215–220°C. После смешения расплав полимера при выходе из фильеры диаметром 1 мм охлаждали струей сжатого воздуха и подавали на катушки приемного устройства, располагающиеся на расстоянии 260 мм от фильеры и вращающиеся со скоростью 20 мин⁻¹. Фильерная вытяжка составляла 600%. В результате были получены невытянутые образцы мононитей. Для получения высокоориентированных образцов они подвергались высокотемпературной ориентационной вытяжке ($\lambda=4,6$) на специальном оборудовании.

Исследование особенностей механических свойств исследуемых волокон проводилось на основе их одноосного растяжения. С помощью разрывной машины Instron 5943 были

получены диаграммы растяжения и определены прочность (σ_p , МПа), начальный модуль упругости (E_0 , ГПа) и удлинение до разрыва (ϵ , %) волокон.

Результаты и обсуждения.

В первую очередь исследовались механические свойства ориентированных в 4 раза мононитей. На рис. 1 представлен график зависимости прочности на разрыв мононитей в зависимости от количества содержания наполнителя.

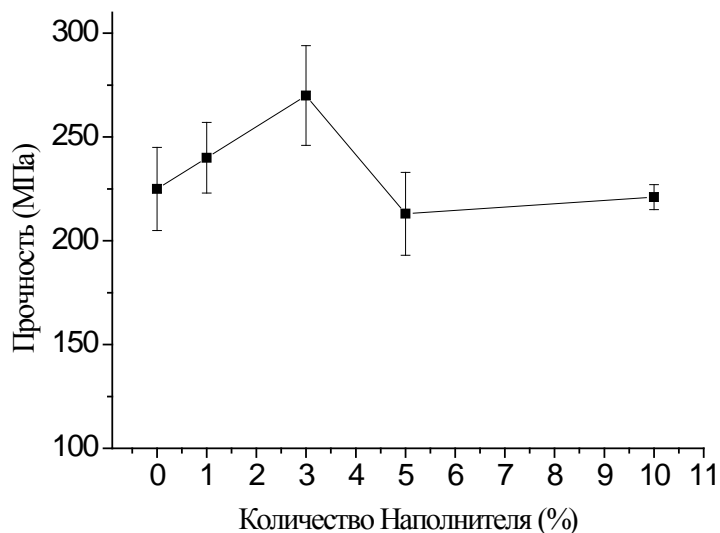


Рис.1. Прочность композиционных мононитей из ПЛА со степенью вытяжки 4 в зависимости от количества наполнителя.

Глядя на рисунок 1 можно отметить, что при увеличении количества наполнителя растет прочность мононитей, так происходит до достижения 3%, затем идет спад значений прочности. Так у мононитей без наполнителя прочность находится на уровне 225 МПа, при содержании 1% прочность равна 240 МПа, а максимальное значение прочности при содержании 3% хитиновых наночастиц 270 МПа. На рис.2 представлены значения модуля упругости мононитей со степенью вытяжки 4 в зависимости от количества наполнителя.

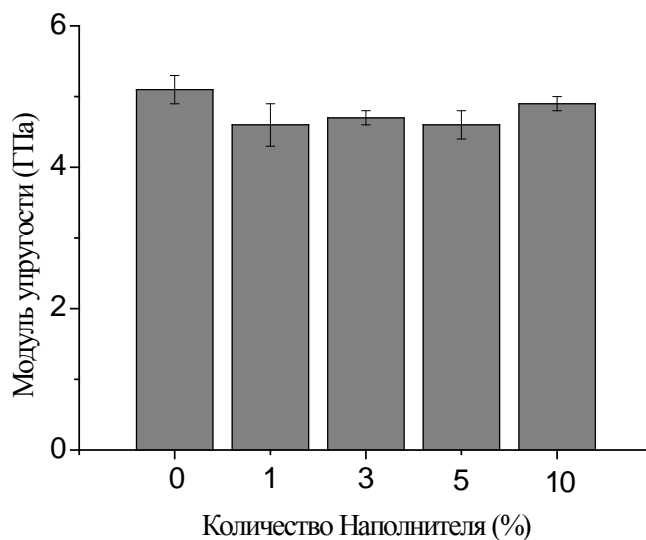


Рис.2. Зависимость модуля упругости композиционных мононитей из ПЛА со степенью вытяжки 4 в зависимости от количества наполнителя.

Из рисунка 2 видно, что введение наполнителя незначительно снижает модуль упругости ориентированных в 4 раза мононитей. Так у мононитей из чистого полилактида

модуль упругости равен 5,1 ГПа, а у образцов с содержанием 1,3,5,10 % хитиновых частиц модули упругости находятся на уровне 4,6, 4,7, 4,6 и 4,9 ГПа соответственно. В связи с этим можно отметить, что добавление наполнителя не влияет на жесткость образцов.

Далее были получены результаты о механических характеристиках композиционных мононитей на основе полилактида со степенью вытяжки 6. График зависимости прочности композиционных мононитей из ПЛА со степенью вытяжки 6 в зависимости от содержания хитиновых наночастиц представлен на рис.3.

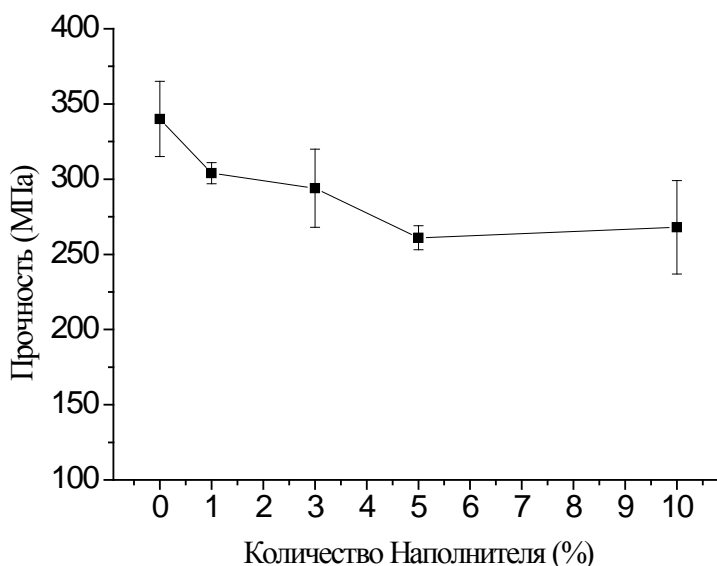


Рис.3. Прочность композиционных мононитей из ПЛА со степенью вытяжки 6 в зависимости от количества наполнителя.

Добавление хитиновых наночастиц снижает механическую прочность композиционных мононитей вытянутых в 6 раз, это видно из рис. 3. Идет плавное снижение прочности с 340 МПа у мононитей без добавления хитина до 269 МПа у мононитей содержащих 10% хитиновых наночастиц. Это можно объяснить с возрастанием количества микродефектов, возникающих из-за наполнителя при ориентационной вытяжке в 6 раз. Но по сравнению с мононитями вытянутых в 4 раза, образцы с вытяжкой в 6 раз обладают более высокими прочностными характеристиками при любом содержании наполнителя.

Со значениями модуля упругости у образцов с ориентационной вытяжкой в 6 раз похожая ситуация, что и с вытяжкой в 4 раза (рис.4).

Добавление наполнителя незначительно снижает модуль упругости с 6,5 ГПа у ненаполненных образцов до 5,3 ГПа у образцов, содержащих 5% хитиновых наночастиц. Потом происходит скачок до 6,4 ГПа у мононитей с 10% хитинового наполнителя.

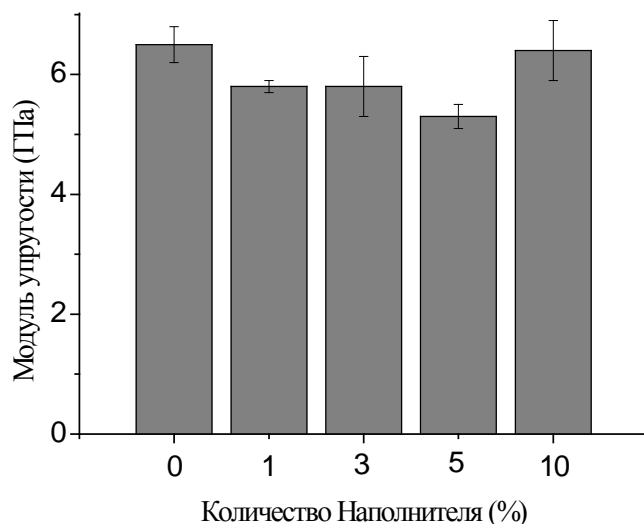


Рис.4. Зависимость модуля упругости композиционных мононитей из ПЛА со степенью вытяжки 6 в зависимости от количества наполнителя.

В таблице 1 представлены значения деформации при разрыве композиционных мононитей обеих степеней вытяжки. Можно отметить, что добавление наполнителя ведет к снижению деформации до разрыва у мононитей со степенью вытяжки 4. Так деформация падает с 52% у ненаполненных образцов до 36% у мононитей с содержанием 10% хитиновых наночастиц. В то время как у образцов со степенью вытяжки 6 раз деформация до разрыва находится примерно на одном уровне 14% с учетом погрешности.

Таблица 1

Зависимость деформации при разрыве композиционных мононитей от степени вытяжки и содержания наполнителя

Параметр	Количество наполнителя				
	PLA	PLA+1% Chitin	PLA+3% Chitin	PLA+5% Chitin	PLA+10% Chitin
Ориентированные мононити ($\lambda = 4$)					
Деформация при разрыве, %	52±6	48±2	46±1	44±6	36±2
Ориентированные мононити ($\lambda = 6$)					
Деформация при разрыве, %	14±1	15±1	16±1	16±2	12±4

В результате работы были получены по расплавной технологии образцы композиционных мононитей на основе полилактида с добавлением наночастиц хитина. С помощью оборудования для высокотемпературной ориентационной вытяжки получены образцы со степенями вытяжки 4 и 6. Исследованы деформационно-прочностные свойства образцов при растяжении на разрыв. Показано, что добавление 3% наночастиц хитина повышает прочность мононитей при ориентационной вытяжке в 4 раза до 270 МПа (при отсутствии наполнителя 225 МПа), тогда как любое добавление наночастиц ведет к снижению прочности при степени вытяжки в 6 раз. Также исследовано влияние наполнителя на модуль упругости и деформацию до разрыва.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №14-33-00003

ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольская И.П., Юдин В.Е, Попрядухин П.В., Иванькова Е.М. Полимерные матрицы для тканевой инженерии, СПб, Издательско-полиграфическая ассоциация университетов России, 2016, 225 с.
2. M. Zilberman Dexamethasone loaded bioresorbable films used in medical support devices: Structure, degradation, crystallinity and drug release, Acta Biomaterialia 1 (2005) 615–624
3. Hirenkumar K. Poly Lactic-co-Glycolic Acid (PLGA) as Biodegradable Controlled Drug Delivery Carrier[Текст]/ К. Hirenkumar//Polymers. – 2011. - 3(3). - P. 1377-1397
4. K.V. Malafeev, O.A. Moskalyuk, V.E. Yudin, P. Morganti, E.M. Ivan'kova, E.N. Popova, V.Yu. Elokhovskii Biodegradable polylactide/chitin composite fibers: processing, structure and mechanical properties J. Appl. Cosmetol. **35**, 163-173 (July/December 2017)

УДК 54.057

РАЗРАБОТКА НОВОГО (ОТЕЧЕСТВЕННОГО) СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ МОНОМЕРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНОГО ВОЛОКНА (АРСЕЛОН) НОВЫМ СПОСОБОМ

DEVELOPMENT OF NEW (DOMESTIC) METHOD OF PRODUCING A MONOMER FOR THE PRODUCTION OF POLYOXADIAZOLE FIBERS (ARCELON) IN A NEW WAY

Б.П. Макаров, П.Б. Макаров, М.В. Шаблыгин
B.P. Makarov, P.B. Makarov, M.V. Shablygin

ООО "Научно-производственная фирма "Термостойкие изделия", (г. Мытищи)
LLC Research and production firm heat-Resistant products, (Mytischki)
E-mail: termiz@mail.ru, makarov.termiz@ya.ru

В статье приведены результаты исследований различных вариантов получения отечественного гидразин-сульфата (ГС). По двум вариантам выбранных технологических процессов получения ГС наработаны опытные образцы продукта по 100г. проведены испытания полученных опытных образцов гидразин-сульфата с целью определения возможности их применения в процессе поликонденсации при получении полимера для волокна Арселон.

Ключевые слова: волокно, Арселон, олеум, гидразин-сульфат, технологии, полимер, терефталевая кислота, серная кислота, синтез.

The article presents the results of studies of various options for obtaining domestic hydrazine sulfate (HS). Two variants of the selected technological processes of obtaining of GS accumulated pilot samples of the product at 100g. tests of the obtained experimental samples of hydrazine sulfate for the purpose of definition of possibility of their use for the process of polycondensation upon receipt of the polymer for fiber Arselon.

Key words: fiber, Arselon, oleum, hydrazine sulfate, technology, polymer, terephthalic acid, sulphuric acid, synthesis.

Полимером для производства волокна Арселон является поли-пара-фенилен-1,3,4-оксадиазол, который получают одностадийной поликонденсацией терефталевой кислоты и гидразин-сульфата в среде олеума при высокой температуре. Мономерами являются терефталевая кислота, гидразин-сульфат и олеум [1].

Терефталевая кислота и олеум являются продуктами отечественного многотоннажного производства, а производство гидразин-сульфата (ГС) в России отсутствует. Необходимый для существующего производства волокна Арселон гидразин-сульфат закупают за рубежом, в частности, в Китае. Учитывая тот факт, что волокно Арселон используется в изделиях для Минобороны, МЧС РФ и др., желательно иметь свою

собственную сырьевую базу, т.к. качество закупаемого ГС не всегда обеспечивает стабильное ведение технологического процесса.

Применяемый в настоящее время для производства волокна Арселон гидразин-сульфат имеет следующие качественные показатели: содержание основного вещества в пересчете на сухое вещество - 98,5%; массовая доля воды - 12,5%; избыток серной кислоты - 0,9% [2].

Отечественный гидразин-сульфат, полученный по новой технологии, должен иметь качественные показатели выше, чем у применяемого в промышленности в настоящее время.

Для решения поставленной задачи получения отечественного ГС, пригодного для проведения поликонденсационного процесса получения полимера волокна Арселон, было исследовано несколько различных путей синтеза. При этом учитывалось и условие технологичности новых путей получения данного продукта, т.к. конечным результатом должен быть процесс промышленного производства гидразин-сульфата.

В результате проведенных исследований для проверки были выбраны два варианта получения ГС.

По первому варианту окисление мочевины осуществляли гипохлоритом натрия в щелочной среде, при этом NaOH загружают в присутствии катализатора. Образовавшаяся хлормочевина подвергается по следующему превращению в ГС и далее по существующей технологии из гидразин-гидрата получают гидразин сульфат в виде сернокислой соли, который фильтруют, промывают, отжимают. Выход продукта составляет 70-72% [3].

Второй вариант получения ГС отличается тем, что выделение гидразин-гидрата из реакционной массы производится отгонкой гидразина в виде азеотропа с водой. Гидразин-сульфат получают нейтрализацией отогнанной массы с серной кислотой. Полученную пасту гидразин-сульфата фильтруют. Выход продукта составляет 65-68% [3].

Образцы гидразин-сульфата имели следующие качественные показатели.

Образец №1.

Содержание основного вещества (в пересчете на сухое вещество)	99,0%
Массовая доля воды	5,0%
Содержание серной кислоты	0,5%

Образец №2.

Содержание основного вещества (в пересчете на сухое вещество)	99,5%
Массовая доля воды	6,2%
Содержание серной кислоты	0,1%

Полученные образцы гидразин-сульфата были проверены в лабораторных условиях на возможность их применения для проведения процесса поликонденсации и получения высокомолекулярного полимера поли-п-фенилен-1,3,4-оксадиазол.

Синтез полимера можно проводить периодическим и непрерывным методом.

При периодическом способе получения в реактор заливают олеум, при перемешивании загружают терефталевую кислоту и гидразин-сульфат, поднимают температуру, и ведут процесс низкотемпературной поликонденсации для получения низкомолекулярного полимера (олигомера). Растворитель – олеум – одновременно является и конденсирующим агентом. После получения раствора олигомера с определенной молекулярной массой, косвенным показателем который является динамическая вязкость полученного раствора олигомера, (при концентрации по полимеру 7% динамическая вязкость раствора должна составлять 200 пуаз, а удельная вязкость по полимеру – 0,1-0,2), поднимают температуру раствора до 120-140⁰С и ведут процесс поликонденсации до увеличения молекулярной массы полимера, соответствующей показателю удельной вязкости

по полимеру 1,6-2,2. Затем разбавляют поликонденсационный раствор серной кислотой и передают полученный раствор на формование [1].

При непрерывном способе получения раствор олигомера передается на установку непрерывного синтеза.

Проверку полученных опытных образцов гидразин-сульфата проводили по периодической схеме синтеза. Для контрольного сравнения синтез осуществлялся в тех же условиях, но на гидразин-сульфата марки чда.

Для проведения испытаний использовали следующие мономеры: терефталевая кислота производства фирмы Амоко ВР, олеум с содержанием свободного серного ангидрида 24% производства Балаковского химзавода и гидразин-сульфат исследуемых образцов и марки чда для сравнения.

Известно, что для успешного проведения процесса поликонденсации полимера поли-*p*-фенилен-1,3,4-оксадиазола необходимо добавить небольшой избыток гидразин-сульфата.

Сравнение реакционной способности гидразин-сульфата различных образцов можно проводить по изменению температуры синтеза, необходимой для получения высокомолекулярного полимера, косвенным показателем является прочность и эластичность пленок, формируемых из поликонденсационных растворов полимера, а также по избытку гидразин-сульфата, требующегося для проведения процесса синтеза полимера.

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

	Избыток ГС, необходимый для проведения синтеза	Условия синтеза		Результат синтеза	Примечание
		Т, °С	Время, мин		
Контроль гидразин-сульфат марки чда	7,7%	120	15	Прочная пленка	12% раствор олигомера прозрачен
	7,0%	120	20	Прочная пленка	
Образец №1	7,7%	130	90	Слабая пленка	В 12% растворе олигомера наблюдались сторонние вкрапления
	10,5%	130	20	Слабая пленка	
	20%	135	25	Слабая пленка	
		140	10	Прочная пленка	
Образец №2	7,7%	130	15	Слабая пленка	12% раствор олигомера прозрачен
	7,7%	140	15	Прочная пленка	

Предварительные результаты испытаний показали, что гидразин-сульфат полученный новым способом, принципиально пригоден для проведения процесса синтеза полиоксадиазольного полимера, т.к. из обоих образцов удалось получить прочную пленку.

Однако в результате проведенных исследований выяснилось, что по реакционной способности оба образца уступают гидразин-сульфату марки чда, причем образец №2 показал лучшую реакционную способность по сравнению с образцом №1. Очевидно, образец №1 недостаточно очищен от посторонних примесей, о чем свидетельствует также наличие вкраплений в растворе олигомера.

В результате проведенных исследований выяснилось, что более технологичным поставленные условия и отвечающие поставленным условиям получения гидразин-сульфата для производства полимера Арселон, является следующий технологический процесс.

Данная технология получения гидразин-сульфата включает процесс окисления мочевины гипохлоритом натрия в щелочной среде с загрузкой NaOH в присутствии катализатора с образованием хлормочевины гидразин-гидрата, с отгонкой гидразина в виде азеотропа, выделением гидразин-сульфата из погона гидролиза с серной кислотой и фильтрации пасты гидразин-сульфата.

В результате дальнейшего изучения было определено оптимальное соотношение мочевины, гипохлорита натрия, количество катализатора и оптимальные условия проведения

всех стадий процесса. Найдено, что оптимальным мольным соотношением компонентов является следующее: гипохлорид натрия - 1,0; мочевины - 1,09; щелочь - 4,0; катализатор - 0,0128; температура проведения процесса $(-3 \pm 0)^{\circ}\text{C}$.

По качественным показателям новый способ превосходит ранее разработанный метод без отгонки гидразин-гидрата. Для его реализации не требуется специального оборудования. Количество отходов по разработанной технологии меньше. Выход продукта составил 70-72%.

Используя выбранные условия синтеза были получены два образца гидразин-сульфата со следующими качественными показателями (с учетом погрешности измерения):

Образец №3

- Массовая доля гидразин-сульфата – 98,8%
- Массовая доля воды – 1,2%
- Массовая доля избыточной серной кислоты – 0,1%

Образец №4

- Массовая доля гидразин сульфата – 98,3%
- Массовая доля воды – 1,6%
- Массовая доля избыточной серной кислоты – 0,2%

Синтезированные образцы гидразин-сульфата проверили на пригодность их для получения полимера Арселон. Синтез проводили по периодическому способу. После получения раствора олигомера с определенной молекулярной массой, косвенным показателем которой является динамическая вязкость полученного раствора олигомера (при концентрации по полимеру 7%, динамическая вязкость раствора должна составлять 200 пуаз, а удельная вязкость по полимеру – 0,1-0,2), поднимали температуру раствора до 120-140 $^{\circ}\text{C}$ и вели процесс поликонденсации до увеличения молекулярной массы полимера, соответствующие показатели удельной вязкости по полимеру 1,6-2,2. Затем разбавляли поликонденсационный раствор серной кислотой и гомогенизировали.

Предварительную оценку полученного полимера проводили по качеству высаженной из раствора полимера пленки. Для контрольного сравнения в качестве одного из мономеров снова брали гидразин сульфат марки чда, как наиболее чистого продукта.

Для проведения испытаний использовали следующие мономеры: терефталевая кислота производством Атоко ВР, олеум с содержанием свободного серного ангидрида 24% производства Балаковского химзавода и гидразин-сульфат, полученный новым способом со следующими показателями:

- Массовая доля ГС не менее – 99,5%
- Массовая доля воды – отсутствует
- Массовая доля избыточной серной кислоты – отсутствует
- Хлориды, не более – 0,0005%
- Fe, не более – 0,0005%
- Тяжелые материалы, не более – 0,0005%.

Таблица 2

Результат сравнительных испытаний.

	Избыток ГС, необходимый для проведения синтеза	Условия синтеза		Результат синтеза	Примечания
		Температура, $^{\circ}\text{C}$	Время, мин		
Контроль гидразин-сульфат марки чда	7,0%	120	20	Прочная пленка	Раствор олигомера прозрачен
Образец №3	7,0%	120	25	Прочная пленка	Раствор олигомера прозрачен
Образец №4	7,0%	120	25	Прочная пленка	Раствор олигомера прозрачен

Как видно из результатов, представленных в таблице 2, реакционная способность гидразин-сульфата, полученного новым способом, выше, чем у предыдущих образцов (1 и 2), таблица 1, и приближается в реакционной способности гидразин-сульфата марки чда. Полученная пленка прочная, прозрачная, эластичная, что характеризует получение равномерных полимерных макромолекул с достаточной степенью поликонденсации. Полученные образцы ГС при проверке на реакционную способность показали удовлетворительный результат, поэтому их использовали для отработки технологического процесса получения полимера Арселон и исследования на его основе нити.

Гидразин сульфат полученный по новому способу, отличается от применяемого в настоящее время низким содержанием воды в продукте. Это позволяет избежать корректировки при загрузки мономеров и соответственно стабилизировать процесс получения раствора олигомера. Высокая реакционная способность последних образцов ГС (3 и 4), показанная при предварительном испытании на пригодность мономера для получения полимер растворов Арселон, позволяет предположить, что при применении данного мономера можно будет при отработке технологического процесса получения полимера арселон понизить температуру реакции, что сократит время стадии охлаждения.

Для проведения испытаний физико-механических показателей нити Арселон, на основе ГС образец (3) была приготовлена партия раствора полимера со следующими показателями: $C_{\text{полимера}}=5,6\%$; динамическая вязкость – 4638 пуаз; удельная вязкость – 2,2.

Формование раствора проводили в водную серноокислотную ванну с концентрацией 55% и температурой 24⁰С. Оптимальная пластификационная вытяжка составляла 3,4. Полученную нить отмыли от серной кислоты, высушили и определили физико-механические свойства представленные в таблице 3.

Таблица 3

Линейная плотность	28 Текс
Удельная разрывная нагрузка	35,6 сН/Текс
Удельное удлинение при разрыве	15,9%
Термостойкость (% сохранение прочности после 350 ⁰ С, 25часов)	51

Полученному новым методом ГС, осуществлена проверка стабильности качественных характеристик. Было поставлено по несколько синтезов на образцах № 3 и 4. Параметра процесса синтеза выдерживались с одинаковыми во всех случаях, ТФК и олеум были для всех опытов одинаковыми, результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4

	Параметры процесса олигомеризации		Параметры процесса поликонденсации		Свойства полученного раствора полимера		
	Температура, ⁰ С	Время, мин	Температура, ⁰ С	Время, мин	$C_{\text{пм}}$	$\eta_{\text{уд}}$ пленка	Динамическая вязкость, пуаз
Образец №3	90	60	125	25	5,51	1,98	4860
	90	60	125	25	5,56	1,82	4325
	90	60	125	25	5,54	1,96	5020
Образец №4	90	60	125	25	5,48	1,88	4972
	90	60	125	25	5,59	2,01	5130
	90	60	125	25	5,53	1,97	4795

Как видно из результатов, представленных в таблице, на образцах ГС, полученных по новому способу, имеется высокая сходимость результатов проведения процесса синтеза полимера.

Выводы.

1. Разработан новый способ получения гидразин-сульфата.

2. Определен оптимальный режим проведения процесса получения гидразин-сульфата новым способом.
3. Определено, что гидразин-сульфат, полученный по новому способу пригоден для использования в качестве мономера при получении волокна Арселон и имеет более лучшие качественные показатели по содержанию основного вещества, примесям, содержанию серной кислоты и влаги.
4. Новая технология позволяет получить более качественный продукт, что очень важно для производства волокна Арселон.
5. Выполнение работы позволило обеспечить производство волокна сырьем отечественного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ 2394946 С1, ООО НПФ «Термостойкие изделия», авторы: Р.А. Макарова, П.Б. Макаров, О.И. Панкина, И.В. Кашицын.
2. Одрит Л., Огг Б. Химия гидразина. Под ред. Я.М. Варшавского. М. Издательство, 1954. 237 с.
3. Н.В. Коровин. Гидразин. Издательство «Химия». Москва. 1980. С. 119-163.

УДК 675.925

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ

DESIGN AND DEVELOPMENT OF RADIO ABSORBING ARTIFICIAL LEATHER

Е.А. Девина, Е.С. Бокова
E.A. Devina, E.S. Bokova

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)
Kosygin Russian state University (Technology. Design. Art), (Moscow)
E-mail: leno4kavl@mail.ru, esbokova@ya.ru

Разработаны структурные модели радиопоглощающих искусственных кож, эффективно поглощающих электромагнитное излучение в широком диапазоне частот от 4,0 до 37,5 ГГц. Полученный результат достигнут послойным увеличением содержания электропроводящего наполнителя в структурных элементах материала.

Ключевые слова: радиопоглощающий материал; искусственная кожа; углеродное волокно; нетканое полотно; полимерное покрытие; электромагнитное излучение.

Structural models of the radio absorbing artificial leathers which are efficiently absorbing an electromagnetic radiation in a wide frequency range from 4,0 to 37,5 GHz are developed. Result is reached by layerwise increase in the content of the electroconductive filler in structural elements of material.

Keywords: radio absorbing material; artificial leather; carbon fiber; non-woven fabric; polymer coating; electromagnetic radiation.

За последние годы массовая эксплуатация радиотехнических устройств обострила проблему электромагнитной безопасности окружающей среды, которая негативно влияет на здоровье человека, а также усложняет решение вопросов обеспечения электромагнитной совместимости различных приборов бытового и специального назначения [1, 2]. В связи с этим актуальной задачей является разработка радиопоглощающих материалов, одинаково эффективных в отношении обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и защиты человека. Такие материалы должны обладать

комплексом свойств: эффективным уровнем поглощения, гибкостью, малым весом, технологичностью и низкой себестоимостью.

Исходя из теоретических предпосылок, наиболее приемлемым прототипом гибких радиопоглощающих материалов могут быть искусственные кожи, которые на сегодняшний день широко применяются в производстве изделий легкой промышленности для товаров народного потребления, а также изделий специального назначения [3, 4].

Цель работы – проектирование и разработка радиопоглощающих искусственных кож и исследование их электрофизических свойств.

В основу разработки радиопоглощающих искусственных кож была положена технология переработки поливинилхлорида (ПВХ) наносным методом. Для получения лицевых покрытий искусственных кож в работе использовали полимерную композицию на основе эмульсионного поливинилхлорида марки ПВХ-Е-6650-М, в состав которой помимо основного пленкообразующего входили: пластификаторы, термостабилизаторы, наполнитель и порообразователь. В качестве основы искусственной кожи использовали готовые нетканые иглопробивные материалы промышленного производства с поверхностной плотностью 200 г/м^2 на основе полиэфира.

Так как полимерное покрытие и нетканое полотно являются радиопрозрачными материалами, для достижения требуемых радиопоглощающих характеристик их необходимо было модифицировать электропроводящим наполнителем. В качестве электропроводящего наполнителя применяли углеродные волокна марки УГЦВ-1 длиной резки (5 ± 1) мм. Количество наполнителя в полимерной композиции варьировали от 0,25 до 1,25 об.ч. на 100 об.ч. ПВХ, с шагом варьирования 0,25 об.ч.; в нетканом полотне – от 1 до 5 г на 1 м^2 , с шагом 1 г.

Полимерное покрытие получали по пластизольной технологии. Процесс структурообразования проводили методом желирования-вспенивания при стандартных температурно-временных режимах: $T_{\text{жв}} = (220 \pm 10) \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau = (15 \pm 5)$ мин.

Модификацию нетканых полотен проводили методом фильтрации через материал водной суспензии электропроводящего волокна [5]. Полученные образцы представляли собой трехслойные композиционные материалы, скрепленные методом иглопрокалывания и состоящие из двух полотен нетканого материала и слоя углеродного волокна между ними.

Электрофизические свойства разработанных радиопоглощающих материалов оценивали рупорным методом, с использованием панорамных измерителей коэффициента стоячей волны по напряжению типа Р2 с оконечной нагрузкой в виде рупорных антенн. Коэффициент отражения (R) и прохождения (T) электромагнитного излучения (ЭМИ) регистрировали в диапазоне частот от 2,6 до 37,5 ГГц при нормальном падении электромагнитной волны (ЭМВ) на материал. При измерении коэффициента отражения образцы располагали на металлической подложке.

В основу проектирования структурных моделей радиопоглощающих искусственных кож был заложен теоретический подход, заключающийся в послойном увеличении содержания электропроводящего наполнителя по направлению распространения ЭМИ вглубь материала и согласования волновых сопротивлений свободного пространства и внешнего слоя для минимизации отражения падающей ЭМВ от границы раздела сред [6]. Исходя из этого, в работе были исследованы все возможные варианты послойного сочетания структурных элементов радиопоглощающих искусственных кож с варьированием количества наполнителя в каждом из них. На рис. 1 схематично представлены варианты исследуемых структурных моделей радиопоглощающих искусственных кож.

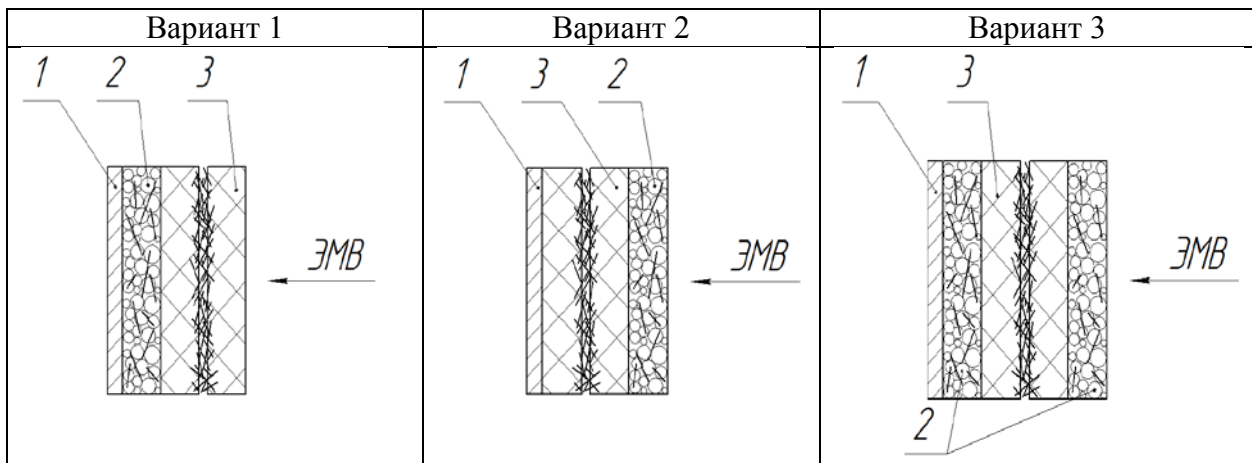
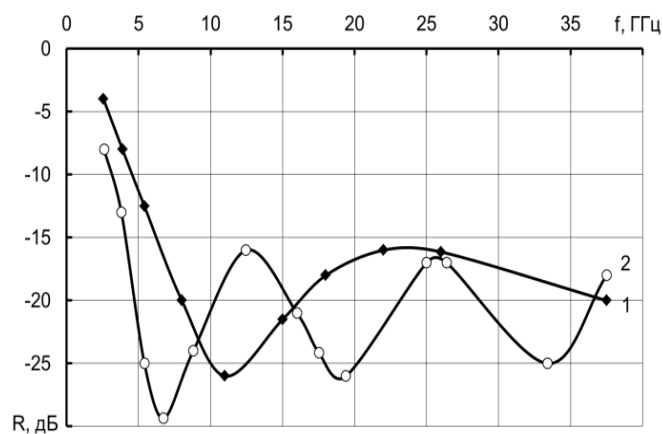


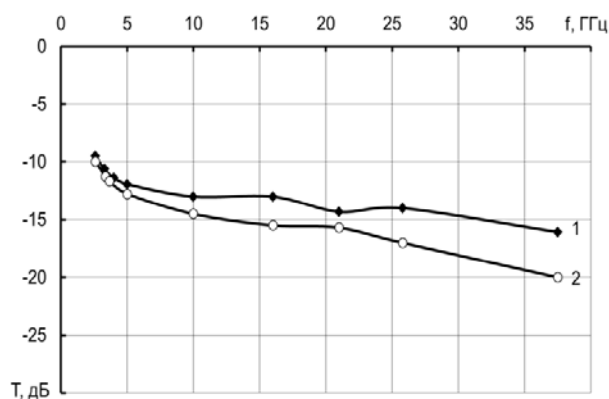
Рис. 1. Варианты структурных моделей радиопоглощающих искусственных кож: 1 – металлическая подложка, 2 – наполненное полимерное покрытие пористой структуры; 3 – модифицированное нетканое полотно, ЭМВ – направление вхождения электромагнитной волны

В результате проведенных исследований установлены оптимальные варианты двухслойной и трехслойной структурных моделей радиопоглощающих искусственных кож с оптимальным распределением по слоям углеродного волокна. Верхний слой двухслойной модели представляет собой модифицированное нетканое полотно, содержащее 3 г/м² наполнителя; нижний слой – пористое полимерное покрытие с содержанием углеродного волокна – 1,25 об.ч. на 100 об.ч. ПВХ. Макет трехслойной радиопоглощающей искусственной кожи, состоит из модели предыдущего варианта с дополнительным пористым лицевым покрытием, нанесенным со стороны нетканой основы, с содержанием углеродного волокна 0,25 об.ч. на 100 об.ч. полимера.

На рис. 2 представлены частотные зависимости коэффициента отражения (рис. 2 а) и коэффициента прохождения (рис. 2 б) полученных многослойных радиопоглощающих материалов.



а



б

Рис. 2. Частотные зависимости коэффициента отражения (а) и коэффициента прохождения (б) двухслойных образцов радиопоглощающих искусственных кож (1) и трехслойных (2)

Из представленных зависимостей рис. 2 (а) видно, что двухслойные радиопоглощающие искусственные кожи работают в достаточно широком диапазоне частот от 6,0 до 37,5 ГГц, при этом уровень значений коэффициента отражения не превышает минус 15 дБ во всем частотном диапазоне. Применение трехслойной модели позволяет расширить рабочий диапазон частот и достигнуть эффективного уровня поглощения материала, начиная с 4,0 ГГц (рис. 2 а, кр. 2).

Согласно кривым рис. 2 (б) значения коэффициента прохождения радиопоглощающих искусственных кож начинаются с минус 10 дБ и убывают до минус 16...20 дБ, что свидетельствует о незначительном пропускании материалом ЭМИ, особенно в области коротких длин волн. Следовательно, в зависимости от условий эксплуатации, норм и объекта защиты, разработанные модели радиопоглощающих искусственных кож, возможно, применять без дополнительной металлизации полимерного покрытия.

Таким образом, разработанные радиопоглощающие искусственные кожи эффективно поглощают ЭМИ в широкой полосе СВЧ-диапазона. Структура и поверхностная плотность материалов позволяют использовать их для изготовления защитной одежды, а также различных чехлов специального назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев, Ю.Г. Электромагнитные поля и здоровье человека. Под ред. Григорьева Ю.Г. / Ю.Г. Григорьев, Л.И. Хейфец, В.С. Степанов и др. – М.: РУДН, 2002. – 177 с.
2. Николаев, С.Д. Защита человека от электромагнитного излучения при помощи тканей / С.Д. Николаев, Е.В. Сильченко // Вестник технологического университета. – 2015. – Т.18. №15. – С.161-166.
3. Никитина, Л.Л. Обзор развития и состояния производства искусственных кож для изделий легкой промышленности / Л.Л. Никитина, О.Е. Гаврилова // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т.16. №21. – С.184-187.
4. Девина Е.А., Бокова Е.С. Радиопоглощающие искусственные кожи специального назначения // Современные задачи инженерных наук: сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления» Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения» (11-12 октября 2017 г.). Т.1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. – С.224-228.
5. Бабушкин С.В., Дедов А.В. и др. Способ получения радиопоглощающего материала // Пат. РФ на изобретение № 2197041. Оpubл. 20.01.2003.
6. Ковнеристый, Ю.К. Материалы, поглощающие СВЧ-излучения / Ю.К. Ковнеристый, И.Ю. Лазарев, А.А. Раваева. – М.: Наука, 1982. – 162 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ТЕРМОИЗОЛЯЦИОННЫХ САМОРЕГУЛИРУЮЩИХСЯ ВОЛОКНИСТЫХ СИСТЕМ В «УМНОЙ ОДЕЖДЕ»

INNOVATIVE METHODS OF CREATING A THERMAL INSULATION SELF-REGULATING FIBROUS SYSTEMS IN «SMART CLOTHES»

Е.В. Мезенцева

E.V. Mezentseva

ООО «Термопол», заводы нетканых материалов, Холлофайбер[®], (Москва)

Thermopol, LLC, nonwoven fabric plants, Hollowfiber[®], (Moscow)

E-mail: info@thermopol.ru

В статье рассматриваются вопросы инновационных технологических и конструкционных решений, актуальных для создания саморегулирующихся термоизоляционных систем одежды в концепции создания «умного текстиля».

Ключевые слова: термоизоляционные материалы, холлофайбер, нетканые материалы, умная одежда, утепленная одежда, термопол, текстильные инновации.

The article discusses the issues of innovative technological and design solutions relevant for creating fibrous self-regulating thermal insulation systems for thermal insulation clothes in the concept of creating "smart textiles."

Keywords: innovative methods, self-regulating systems, thermal insulating materials, hollowfiber, nonwovens, smart textile, clothing, insulated clothing, thermopol, textile innovation.

В качестве направления модификации волокнистого текстильного сырья и материалов в настоящее время актуальным в области конструирования «умного текстиля», способного к терморегуляции и созданию комфортного микроклимата, является использование веществ с фазовым изменением.

Материалы с изменяющейся фазой (Phase change materials - PCM) — это будущие тенденции в одежде для низких температур [1, p. 9].

Данный вид материалов известен с конца 70-х годов прошлого века, но достаточно сложный способ нанесения PCM-веществ на текстильную матрицу, а также стоимость продолжают инициировать многочисленные исследования в этом направлении.

Материалы с изменением фазы, поглощая тепловую энергию, изменяют свое агрегатное состояние от твердого в жидкое. Данное изменение является обратимым. При обратном переходе PCM отдают энергию [1, p. 9]. В качестве веществ фазового изменения используются парафиновые углеводороды [4].

Микрокапсулы, заполненные веществом фазового изменения, накапливают тепло, а затем обеспечивают длительную и эффективную термическую саморегуляцию в пододежном пространстве.

PCM обеспечивают термоизоляционные свойства во влажных условиях. Микро-PCM, разработанные Gateway Technologies (на данный момент Outlast Technologies Inc.), обладают свойством изоляции на 400% лучше по сравнению с обычными изоляционными материалами [2, p. 463].

Микрокапсулирование положено в основу технологии Klimeo, позволившей выпустить на текстильный рынок линию термочувствительных шерстяных и полушерстяных тканей. Ее разработчики – ученые французских текстильных компаний Avelana и Roudiere – ввели в состав волокон PCM. Отмечается, что материалы не теряют своих свойств после химчисток и стирок [14, с.17].

Существует целый ряд запатентованных технологий нанесения микрокапсулированных форм PCM на текстильные материалы [5,6, 4, 7, 3, 1, 8, 9, 10].

На рисунке 1 представлен вид распределения микрокапсул на элементарных нитях под микроскопом.

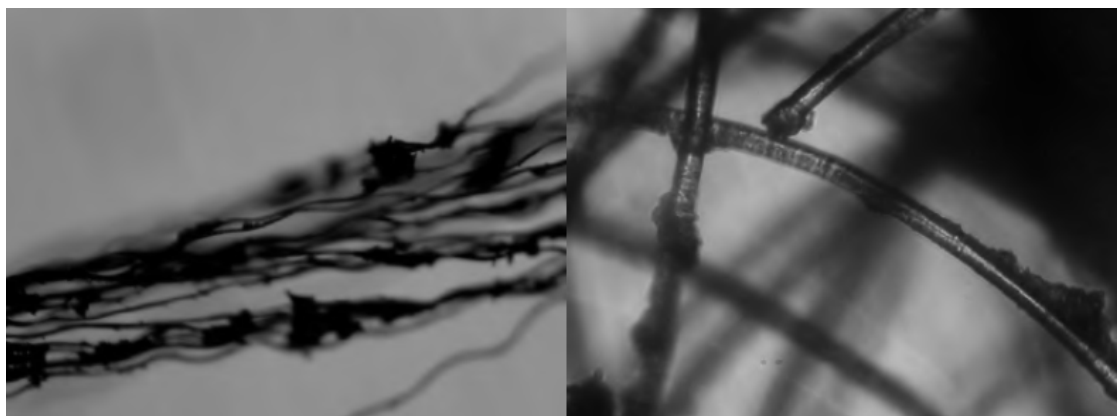


Рис.1. Распределение РСМ на элементарных нитях [11, с. 266]

Интересным является способ добавления РСМ в полые полиэфирные (а), акриловые (б) и вискозные волокна (в), представленных на рисунке 2. Таким образом получают модификации с содержанием РСМ в структуре самих волокон [9].

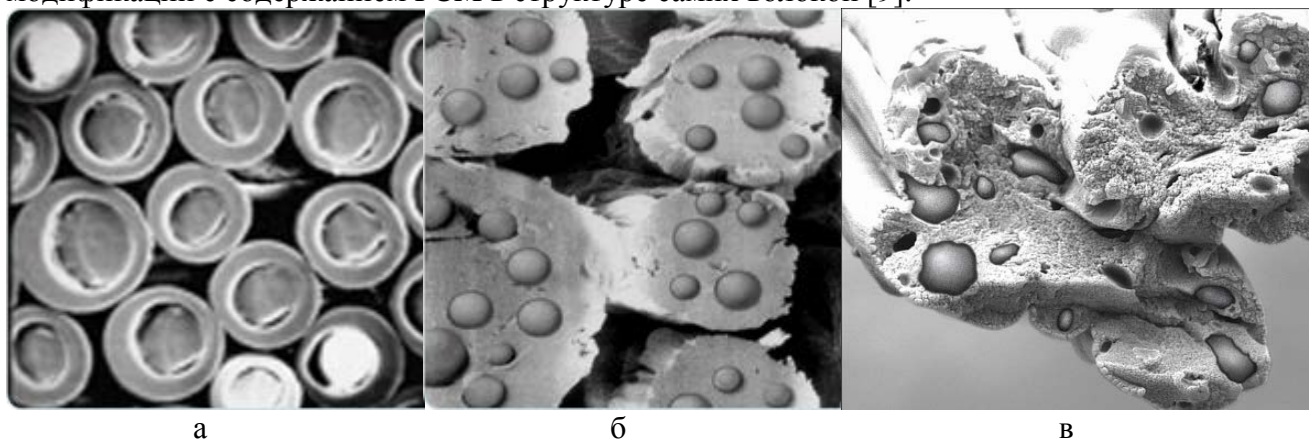


Рис.2. Распределение РСМ в различных волокнах [19]

Примером применения РСМ в термоизоляционном слое может быть специальная четырехслойная система одежды для защиты от холода. Внутренний слой в такой одежде изготовлен из хлопчатобумажной ткани, 1-й изолирующий слой представляет собой нетканый материал, изготовленный из полиэфира и обработанный микрокапсулами РСМ. Он сочетается со вторым изолирующим слоем нетканого полиэфирного материала, а наружная оболочка представляет собой водонепроницаемую ткань. Описанная система была испытана в климатической камере при температуре -15 ± 5 °С на модели бионической кожи. Когда температура слоя РСМ поднимается выше точки плавления, РСМ переходит в жидкое состояние, а энергия накапливается внутри микросфер во время этого процесса. Когда температура падает ниже 27 °С, жидкое состояние РСМ меняет фазу на твердую и постепенно высвобождает энергию на рисунке 3 представлена структура сборки одежды с применением микросфер РСМ [9].

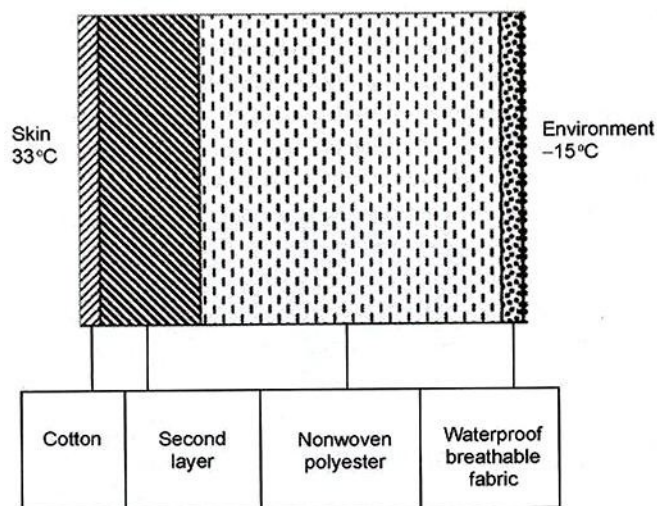


Рис.3. Структура одежды с применением РСМ.

PCM хорошо сочетаются с различными текстильными волокнами, в том числе модифицированными. Существуют примеры использования волокон Outlast® в смеси волокон из нано-серебра (8-15%), нано-углеродного волокна (10-20%) [12].

В исследовании Субботиной Е.В. и др. отмечается, что инновационной является система Scout, разработанная совместно фирмами Sympatex Technologies GmbH и Outlast® Europe GmbH (Германия). В системе Scout сочетается мембрана Sympatex с выравнивающими температуру капсулами Outlast®. Терморегулирующий материал Outlast® представляет собой многочисленные микромодули, заполненные парафином. Микромодули наносятся на готовый материал, который приобретает терморегуляционные свойства [13, с. 69].

Технологии применения РСМ в текстильных полотнах продолжают развиваться. В России данные материалы используются пока в основном в трикотажных материалах. В качестве примера можно привести терморегулирующие пакеты Холлофайбер® A1® с технологией Thermal Control. Они предназначены для производства современной одежды в сегментах fashion, trending, kids, sport. Терморегуляция выявлена как главная особенность пакета одежды. Данная технология реагирует на изменение температуры тела. Специфика - в его конструкции и в волокнах. При понижении температуры накопленное тепло компенсируется за счёт изменения агрегатного вещества в микрокапсулах (переход от жидкой - в твердую фазу). Это существенно снижает показатели влажности и создает внешний барьер от холодного воздуха и ветра. Новая технология обеспечивает оптимальную температуру в пододежном пространстве, не допуская перегрева или переохлаждения. Регулятором микроклимата в пространстве под одеждой выступает уникальное сочетание следующих материалов: Термополотна A1®, Холлофайбер® A1® [16] и Мембраны A1® [15], обладающих свойствами паропроницаемости и воздухопроницаемости. Материалы поглощают влагу с поверхности тела и транспортируют ее наружу. Верхняя одежда, произведенная с применением термопакетов, относится к категории smart clothes («умная одежда»). По результатам тестов на суммарное тепловое сопротивление и воздухопроницаемость все термоизоляционные пакеты градуированы по назначению, которые разделяются на температурные группы с указанием рекомендуемой плотности утеплителя: например, в линейке от -5 °С до -20 °С.

Есть существенные недостатки веществ с фазовым изменением. Так, например, медленная скорость достижения оптимальной температуры для создания комфортного микроклимата (18 до 24° С для зимнего сезона и от 24 до 28° С для летнего) [17, с. 30], ставит под сомнение возможность применения подобных материалов при экстремально низких температурах, хотя поиски решения данной проблемы ведутся. В качестве примера можно привести разработку американской компании Triangle Research And Development Co. Ltd. [10], предлагающей использование РСМ в одной текстильной матрице микросфер с

включением парафиновых углеводородов с разными температурами фазовых переходов. Однако стоит заметить, что диапазон температур (-18° С до +38° С) использования таких материалов остается все еще весьма небольшим [18].

Применение веществ с изменяющимся фазовым состоянием (PCM) позволяет реализовать в текстиле идею *intelligent fiber system (IFS)*, отвечающим принципам самоорганизации, т.е. таких систем, которые подстраиваются под окружающую среду и делают комфортным микроклимат в пододежном пространстве при пассивном участии пользователя.

Воплощение идеи создания самоорганизующихся систем в термоизоляционной верхней одежде, вероятно, будет мейнстримом будущего подхода к конструированию одежды. Особенно актуальным это является для Российской Федерации, расположенной в нескольких климатических зонах, для Арктики и Антарктиды, а также активно осваиваемого космического пространства. Применение указанных разработок и видов изделий находит применение в специальных разработках в изделиях «military», «fashion», «extreme», «outdoor» и требует дополнительного всестороннего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shaker, K. (2018). Clothing for Extreme Cold Weather. Material, Properties, Production and Testing. *National Textile University*, (1), 1-12.
2. Kasturiya, N., Subbulakshmi, M., Gupta, S. and Raj, H. (1999). System Design of Cold Weather Protective Clothing. *Defence Science*, 49(5), pp.457-464.
3. Qingdao warm times children Clothing Co., Ltd. (2013). *Warm-keeping fabric*. CN103057177A.
4. Joseph, L., Zuckerman, Livingston, N., Pushaw, R., Haverto, W., Bernard, T., Boulder, P. and Wyner, D. (2003). *Fabric coating containing energy absorbing phase change material and method of manufacturing same*. US 6503976 B2.
5. Beijing Tong Niu Knitting Group Co., Ltd. (2006). *Manufacturing method for fabric capable of regulating temperature*. CN 1876914 A.
6. Colvin, D., Bryant, Y., Driscoll, J. and Mulligan, J. (1998). *Thermal insulating coating employing microencapsulated phase change material and method*. US 5804297 A.
7. Kunshan Zhoushi Huihong Garment Factory (2012). *Processing method of heat preserving and regulating fabric*. CN102776650A.
8. Shanghai 36th Cotton Spinning Knitting Garment Factory (2009). *Air conditioning fiber blended yarn and spinning method thereof*. CN 101580987A.
9. The United States Of America As Represented By The Secretary Of Agriculture (1989). *Temperature-adaptable textile fibers and method of preparing same*. US4871615A.
10. Triangle Research And Development Corporation (1994). *Fabric with reversible enhanced thermal properties*. US5366801A.
11. Левшицкая, О.Р. Исследование результатов нанесения микрокапсулированных веществ с изменяемым фазовым состоянием на текстильный материал / О.Р. Левшицкая, Д.Б. Рыклин // по материалам XX международный научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы». Smartex, Иваново: 2017, с. 262 – 266.
12. Shandong Haolong Group Co., Ltd. (2011). *Preparation method of multifunctional yarn containing silver fibers*. CN 101985786A.
13. Субботина Е.В. Анализ инноваций в создании терморегулируемой одежды и материалов / Е.В. Субботина, Н.А. Климова., А.С. Комарова., В.И. Бесшапошникова // по материалам IV конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Церевитиновские чтения», Москва: 2017, с. 67-70.
14. Новинки мирового текстильного рынка // Мир текстиля. – 2008. – С.16-19.
15. Новые технологии утепления верхней одежды [Текст] / Москва, 2018. – [12] с.- (Информ. листок о техн. разработках / Арх. АО А.Миллер; №1).

16. Нетканые материалы Холлофайбер®: структура, свойства, применение / М.Ю. Трещалин, В.В.Иванов, Ю.М.Трещалин, А.М.Киселев. – Москва: БОС, 2017. – С. 49-59.
17. Короткова, И.В. Гигиена одежды: рабочая учебная программа дисциплины. – М.: МГУТУ, 2012. 84 с.
18. OUTLAST: адаптивный комфорт // Vfrclub [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vfrclub.ru/index.php?topic=3654.0> (дата обращения: 12.07.2018).
19. Fibers // Outlast [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.outlast.com/en/applications/fiber/> (дата обращения: 12.07.2018).

УДК: 67: 001(89)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ТЕРМОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОДЕЖДЫ: «СЛЕДУЮЩИЕ ШАГИ», ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ

PROMISING APPROACHES TO IMPROVE THE THERMAL INSULATION PROPERTIES OF THE INSULATED CLOTHING: THE NEXT STEPS, TECHNOLOGY, INNOVATION

Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков
E.V. Mezentseva, V.V. Ivanov, V.U. Mishakov

ООО «Термопол», заводы нетканых материалов, Холлофайбер®, (Москва)
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина, (Москва)
Thermopol, LLC, nonwoven fabric plants, Hollowfiber®, (Moscow)
RSU named after A.N. Kosygin, (Moscow)
E-mail: info@thermopol.ru

В статье экспертов компании «Термопол» и «РГУ им. А.Н. Косыгина» рассматриваются вопросы перспективных технологических решений, актуальных для повышения термоизоляционных свойств одежды; приводятся примеры инноваций, внедрений и применения технического текстиля и нетканых материалов, влияющих на изменение качеств и эксплуатационных характеристик одежды; дается отраслевой прогноз «следующего шага» и перспектив появления новых материалов и видов «умной одежды».

Ключевые слова: термоизоляционные материалы, холлофайбер, нетканые материалы, умная одежда, утепленная одежда, термопол, текстильные инновации.

In the article of experts of the company Thermopol, Llc, and «RSU named after A.N. Kosygin» discusses the issues of perspective technological solutions that are relevant for improving the thermal insulation properties of insulated clothing; examples of innovations, implementations and applications of technical textiles and non-woven materials affecting the change in the qualities and performance characteristics of insulated clothing are given; an industry forecast is given for the "next step" and the prospects for the appearance of new materials and "smart clothes".

Keywords: thermal insulating materials, hollowfiber, nonwovens, smart clothing, insulated clothing, thermopol, textile innovation.

Способы повышения термоизоляционных свойств одежды на современном промышленном этапе рассматриваются через два основных подхода:

- 1) применение высокотехнологичных материалов;
- 2) внедрение инновационных конструкций изделий.

Эти способы и подходы существенно отличаются от ранее распространенного взгляда на повышение термоизоляционных свойств одежды за счет увеличения массы и объема пакета изделия [1,2]. Появление новых материалов и технологий в конце XX – начале XXI вв. существенно повлияло на изменение взглядов на то, какой должна быть термоизоляционная одежда (insulation) [3]. Это определение получает все большее

распространение в научной и потребительской среде и применяется наряду с традиционной формулировкой «утепленная одежда».

Сегодня с появлением эффективных технологий и материалов, новых возможностей пошива и конструирования одежды, набор термоизолирующих свойств формируется, исходя из трех основных концепций:

1. «Универсальная»
2. «Зонированная»
3. «Полимодульная».

Наиболее распространенным подходом к разработке и производству термоизоляционной одежды считается «Универсальная концепция». Она предполагает подбор материалов, исходя из средних универсальных свойств основного термоизоляционного слоя только одной разновидности (например, волокнистый нетканый термоскрепленный материал Холлофайбер® СОФТ, поверхностной плотностью 150 г/м²) и с дополнительной обработкой (например, каландрирование).

Данный подход предполагает унифицированное применение нетканого термоизоляционного материала для различных деталей и «участков» единицы одежды (куртка, комбинезон, полукombинезон, брюки, жилет).

«Универсальная концепция» предполагает упрощенный, но эффективный способ повышения термоизоляционных свойств одежды. Его можно было бы условно сформулировать так: «чем толще и плотнее, тем теплее!» На практике это реализуется двумя основными способами:

- повышение поверхностной плотности слоя нетканого термоизоляционного материала;
- увеличение количества слоев (например, не один слой нетканого материала, а два).

Вторая концепция - «зонированная». Ее можно признать одним из наиболее сложных, затратных, но вместе с тем, прогрессивных и эффективных подходов к повышению термоизолирующих свойств одежды. В связи с появлением высокотехнологичных материалов и технологий пошива, возрастающей дифференциацией потребностей в специальных заказах на различные виды одежды (военные комплекты особого назначения, outdoor, спортивное и альпинистское снаряжение, арктическая одежда и т.п.) возникают новые возможности конструирования термоизоляции по принципу зонирования. При выборе концепции «зонирования» выявляются следующие особенности, которые важно учитывать разработчикам и производителям одежды: усложняются задачи конструирования, возрастает количество разнообразных деталей; повышается себестоимость изделия; актуализируются вопросы дифференцированного складирования объемных нетканых материалов; требуются специализированные технологические и организационные решения для серийного тиражирования деталей термоизоляции; снижается производительность труда; требуется проработанная «база решений», которую при изменении конструктива изделий нельзя признавать универсальной; усложняются задачи контроля качества; повышаются требования к квалификации персонала (технологов, конструкторов и швей); существенно повышается себестоимость изделия.

Начало развития «полимодульной» (многослойной) системы экипировки, разработанной экспертами завода «Термопол» специально для нетканых материалов Холлофайбер®, было положено в 2005 г. совместно с ФГБНУ «НИИ МТ» [33] и внедрено в многочисленные изделия. «Полимодульная концепция» подразумевает наличие не менее двух слоев пакета одежды, внутри которых термоизоляционные нетканые материалы также могут быть включены по принципу многослойности. Такой подход существенно отличался от принятого на тот период взгляда на «утепленную одежду» (шинель, ватник), в которой вопрос термоизоляции решался преимущественно за счет увеличения плотности, толщины и массы термоизолирующего слоя. Применение современных тканей, фурнитуры и нетканых материалов позволяет снизить массу комплекта до 3-4 кг по сравнению с 7-8 кг в

предыдущих изделиях [4]. Применение в пакете одежды не одного, а двух-трех и более слоев термоизоляционного полотна формирует дополнительные воздушные полости между слоями и таким образом увеличивает показатели суммарного теплового сопротивления. Многослойность в одежде – общемировой подход в решении проблем термоизоляции при экстремально низких температурах. Концепция многослойности отмечена во многих зарубежных работах [6,7,8,9,10,11,12]. Термоизоляция - это сопротивление, обеспечиваемое одеждой, обычно выражается в единицах $\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ или Clo. Значение изоляции в основном зависит от толщины материала [8, 9, 10], способности одежды удерживать воздух и от гигроскопичности материалов. $1 \text{ Clo} = 0,155 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [10, p. 2].

В работе Kasturiya и др. отмечается, что эффективность одежды зависит от термической проводимости материалов, линейной плотности волокон, температуры внешней среды, коэффициента теплопередачи внешнего воздуха и размера воздушного пространства между поверхностью кожи и материалом [8, p. 460].

В качестве первого слоя в многослойной одежде используются *контактные материалы* (те, которые непосредственно контактируют с телом человека), они обеспечивают некоторую изоляцию, но основной целью таких материалов является перенос влаги с кожи на внешний слой системы одежды [5, p. 95]. Шерстяные ткани используются в качестве контактной ткани на протяжении веков и ее использование в холодных климатических условиях хорошо документировано [5, p. 95]. Примером многослойной одежды могут быть комплекты одежды ECWCS, разработанные в США для холодных условий еще в 1980-х гг. 1-е поколение ECWCS состояло из 22 отдельных видов одежды, используемых в разнообразной комбинации [10, p. 8]. Подход многослойности в одежде является эффективным и зарекомендовавшим себя, однако требующим активного участия пользователя термоизоляционных изделий. Объем и масса текстильных материалов, используемых в защитной одежде, должны быть как можно меньше, так чтобы одежда не создавала физического напряжения и дискомфорта [8, p. 457].

Отечественная промышленность развивает технологии в соответствии с мировыми тенденциями, зачастую даже формируя их [13]. Так, распространение высокотехнологичных термоизоляционных нетканых материалов Холлофайбер® способствует изменению подхода не только к конструированию одежды (специальной, детской, спортивной, униформы и т. д.), но и к соответствующему подбору комплектующих, сырьевых составов для их производства [14].

Волокнистые материалы Холлофайбер® изменили представление о возможностях синтетической термоизоляции [15]. Обладая свойством минимальной гигроскопичности химических волокон (1%), термоизоляционные пакеты работают по принципу «сухое тепло» в отличие от пуха, пера, шерсти, ватина. Поясним: легкие «воздушные» термоизоляционные синтетические материалы на волокнистой основе способствуют удержанию «сухого тепла» и воздухообмену внутри пакета одежды. Таким образом, если через кожу человека в комплекте одежды непрерывно выделяется углекислота и поглощается кислород, то удержание такой воздушной смеси в пододежном пространстве способно оказать влияние на человека, его энергозатраты [20, 21, 22].

Термоизоляционные материалы Холлофайбер® обусловили появление новых «пакетов» одежды [16]. Например, с мембранными термо – и влагоотводящими тканями верха и подкладочных тканей, которые способствуют удержанию определенного диапазона температуры и влажности в сокращающемся пространстве между окружающей средой и кожей человека (термоизоляция становится все тоньше и эффективнее). В таком сочетании эффективность нетканых материалов может быть максимальной, а одежда — еще более комфортной [17]. Например, решением повышения термоизоляционных свойств одежды стала новинка 2018 года – пакеты Холлофайбер® А1® [18] с технологией Thermal Control. Терморегуляция выявлена как главная особенность пакета одежды. Данная технология реагирует на изменение температуры тела.

Однако это далеко не все перспективные подходы к повышению термоизоляционных свойств одежды.

Принцип *biomimetics* или *biomimicry* также находит свою роль в термоизоляционной одежде. Это использование концепций биологии в искусственном мире. Это слово имеет греческое происхождение: *bio-* означает жизнь и *-mimetics*, *-mimicry* означает копировать. Исследование было сделано британской командой, чтобы исследовать способность пингвинов выжить в экстремальных холодных условиях. Выяснилось, что у них есть биологическая способность изменять физические свойства кожного покрова на изолирующую или водонепроницаемую, благодаря мышце, соединенной с пером. По мере того, как эта соединительная мышца сжимается, покров превращается в водонепроницаемый, и когда пингвин ослабляет эту мышцу, покров превращается в воздухопроницаемый и ветрозащитный. Это явление называется *адаптивной изоляцией*. Были сделаны попытки интерпретировать феномен адаптивной изоляции в предметах одежды. Разработанная структура представляет собой двухслойную ткань, которая соединена вместе с использованием полосок текстильного материала под некоторым углом к плоскости этих двух слоев. Наклонение этих параллельных слоев уменьшает объем захваченного между ними воздуха, что приводит к уменьшению изоляции [23, p. 9].

Другая тема исследования изоляционных материалов - разработка полимерного покрытия с памятью формы на основе полиуретана. Полимер обладает упругим эффектом памяти, реакция происходит на молекулярном уровне. Когда температура тела пользователя увеличивается, молекулярная структура полимерного покрытия имеет тенденцию к открытию, способствуя отведению от тела тепла и пара. Когда окружающая среда холодная, молекулярная структура закрыта и таким образом предотвращается утечка тепла в атмосферу. Этот полимер можно наносить поверх полиэфира, хлопка, нейлона и шелка [23 p. 9].

Существуют и другие известные и перспективные подходы к повышению термоизоляционных свойств одежды. Перечислим некоторые из них, которые уже сегодня получают экспериментальное и серийное внедрение:

- интегрированная термоизоляционная одежда с системами активного электрообогрева [27];
- термоизоляционная одежда с мембранными материалами [28];
- термоизоляционная одежда с климат-контролем пододежного пространства, 3D конструкцией ткани, дышащей функцией (нано-, микропоры) [19];
- термоизоляция с внешними датчиками состояния организма (t $^{\circ}\text{C}$ и %-влажности) и функциями оповещения (особенная актуальность для детской одежды, одежды для людей с ограниченными возможностями) [29];
- термоизоляционная одежда с функциями отражения тепла [31];
- термоизоляционная одежда с функцией аккумуляции [32];
- безниточная термоизоляционная одежда [30] и другие.

Рассмотренные методы повышения термоизоляционных свойств одежды, а также значительный опыт внедрения высокотехнологичных нетканых материалов Холлофайбер® [24], открывают для промышленности и науки новые перспективы создания синтетических материалов и видов эффективной одежды. Перспективы актуализируются государственными программами по освоению Арктики [25], Антарктики и космоса. Главным для ученых и производителей продолжает оставаться вопрос температурного равновесия, создания и удержания комфортной термической среды в пространстве одежды (внешнем, внутреннем, пододежном), а также учета особенностей организма, современных материалов и технологий [26], которые должны быть использованы максимально эффективно в целях обеспечения безопасной жизнедеятельности человека и выполнения им задач различного назначения.

Вопрос термоизоляционной безопасности человека продолжает оставаться актуальным. Появление инновационных материалов и технологий, а также конструктивных решений позволяет не только совершенствовать существующие виды термоизоляционных изделий, но и создавать новые виды одежды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мезенцева, Е.В. Волокна, создающие энергию // Легкая промышленность Курьер. – 2007. - № 9. – С.7.
2. Мезенцева Е.В. Современный подход к разработке инновационных утепляющих нетканых материалов: тез. докл. XII межд. промышленно-экономический форум / «Золотое кольцо». – Плес-Иваново, 14-16.09.2017. – С. 124-129.
3. Мезенцева, Е.В. Особенности функционирования нетканого утеплителя «Холлофайбер®» / Е.В. Мезенцева, Н.И. Голубкова // ЛегПромБизнес-Директор. – 2012. - № 5 (137). – С.11-14.
4. Утепленные костюмы и другая зимняя спецодежда [Электронный ресурс] // ООО «КомплексТорг». Режим доступа: <http://komplekstorg.ru/zimnyaya-specodezhda> (дата обращения: 09.07.2018).
5. Denner, J. (1993). A primer on clothing systems for cold-weather field work. Bow, New Hampshire: U.S. Geological Survey, pp.89-415.
6. Field Manual for the U.S. Antarctic Program. (n.d.). USAP, pp.1-7.
7. Gurawa, K. (2018). Textile for extreme cold climate. ИТ Delhi, Textile Technology, 1-6.
8. Kasturiya, N., Subbulakshmi, M., Gupta, S. and Raj, H. (1999). System Design of Cold Weather Protective Clothing. Defence Science, 49(5), pp.457-464.
9. Mahmoud, E. (2015). Thermo-insulation properties of cross-laid nonwoven fabrics made of PET and PP waste fibers. International Journal Of Advance Research In Science And Engineering, 4(09), 211-226.
10. Shaker, K. (2018). Clothing for Extreme Cold Weather. Material, Properties, Production and Testing. National textile university, (1), 1-12.
11. Sintef. (2016, March 8). Extreme cold weather clothing. ScienceDaily. Re-trieved March 24, 2018.
12. Wuxi Hengnuo Textile Technology Co., Ltd. (2014). Knitted fabric with moisture absorbing and heating function and processing technology of knitted fabric. CN 201310695054.
13. Иванов, В.В. Невозможное – возможно (примеры инновационного применения нетканых материалов) // Второй международный научно-практический симпозиум Наука – текстильному производству: новейшие отраслевые научные разработки в сфере технического текстиля и практический опыт их применения: матер.симп. – М., 2017. – С. 27-28.
14. Иванов, В.В. Влияние некоторых особенностей синтетических волокон на теплоизолирующие и эксплуатационные свойства нетканых материалов на примере материалов Холлофайбер® и других синтетических утеплителей / В.В.Иванов, Е.В. Мезенцева // Третий международный научно-практический симпозиум Научно-производственное партнёрство: взаимодействие науки и текстильных предприятий и новые сферы применения технического текстиля: матер.симп. – М., 2018. – С. 301-310.
15. Иванов, В.В. Научные исследования как неотъемлемый фактор внедрения инноваций (на примере деятельности заводов нетканых материалов «Термопол», ХоллофайберTM / В.В.Иванов, Е.В. Мезенцева // XX международный научно-практический форум «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» (SMARTEX-2017): матер.форума, 22-26 мая 2017 года. – Иваново: ИВГПУ, 2017. – С.25-31.
16. Мезенцева Е.В. Современный подход к разработке инновационных утепляющих нетканых материалов: тез. докл. XII межд. промышленно-экономический форум / «Золотое кольцо». – Плес-Иваново, 14-16.09.2017. – С. 124-129.
17. Мишаков, В.Ю. Нетканые утеплители и наполнители для швейных изделий: особенности, свойства, характеристики: учебное пособие / В.Ю. Мишаков, Г. К. Мухамеджанов. – Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. – 64 с.
18. Новые технологии утепления верхней одежды [Текст] / Москва, 2018. – [12] с.- (Информ. листок о техн. разработках / Арх. АО А.Миллер; №1).
19. Кричевский, Г.Е. Химические, нано-, био-, инфо-, когнитивные технологии двойного назначения в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды: боевой комплект одежды солдата 21-ого века, спортивный, медицинский, косметический, технический

- текстиль [Электронный ресурс] // NanoNewsNet.ru. Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2011/khimicheskie-nano-bio-info-kognitivnye-tehnologii-dvojnogo-naznacheniya-v-proizvodstv> (дата обращения: 06.07.2018).
20. Берман, А. Природа не предполагала, что человек будет пользоваться одеждой [Электронный ресурс] // Tramontana.ru. Режим доступа: <https://tramontana.ru/articles/priroda-ne-predpolagala-cto-chelovek-budet-polzovatsya-odezhdoj> (дата обращения: 28.12.2017).
21. Трифонов, Е.В. Антропология: дух-душа-тело-среда человека, или Пневмапсихосоматология человека [Электронный ресурс] // Hupsy.welldocs.com. Режим доступа: <http://hupsy.welldocs.com/tryphonov2/terms2/tempet.htm> (дата обращения: 06.07.2018).
22. Кричевский, Г.Е. Нано-, био-, химические технологии и производство нового поколения волокон, текстиля и одежды. - Москва: 2011. – 528 с.
23. Shaker, K. (2018). Clothing for Extreme Cold Weather. Material, Properties, Production and Testing. *National textile university*, (1), 1-12.
24. Нетканые материалы Холлофайбер[®]: структура, свойства, применение / М.Ю. Трещалин, В.В.Иванов, Ю.М.Трещалин, А.М.Киселев. – Москва: БОС, 2017. – С. 49-59.
25. Советников, Д.А. Разработка и исследование пакета материалов для спецодежды военнослужащих, используемой в арктической зоне: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.19.01) / Советников Дмитрий Анатольевич; РГУ им. А.Н.Косыгина. - Москва, 2017. - 205 с.
26. Трещалин, Ю.М. Анализ структуры и свойств нетканых материалов. – Москва: БОС, 2016. – 192 с.
27. Термокостюм Ice Indigo [Электронный ресурс] // vestigator. Режим доступа: <http://www.vestigator.ru/odejda-v-rohod/ice-indigo/termokostum-ice-indigo> (дата обращения: 09.07.2018).
28. Новые технологии утепления верхней одежды [Текст] / Москва, 2018. – [12] с.- (Информ. листок о техн. разработках / Арх. АО А.Миллер; №1).
29. Autojack & Limolady. Одежда с климат-контролем [Электронный ресурс] // Autojack & Limolady. Режим доступа: <http://avto-jack.ru/options/> (дата обращения: 09.07.2018).
30. Безниточные технологии в швейном производстве [Электронный ресурс] // Sporttex. Режим доступа: <http://sporttex.ru/bezninok.php> (дата обращения: 09.07.2018).
31. Omni-heat[™] Reflective [Электронный ресурс] // Columbia. Режим доступа <http://www.columbia.ru/about/technology/> (дата обращения: 09.07.2018).
32. Joseph, L., Zuckerman, Livingston, N., Pushaw, R., Haverto, W., Bernard, T., Boulder, P. and Wyner, D. (2003). Fabric coating containing energy absorbing phase change material and method of manufacturing same. US 6503976 B2.
33. Афанасьева, Р.Ф. Результаты физиолого-гигиенической оценки теплоизоляции одежды, имеющей в качестве утеплителя материал Холлофайбер «Софт»: отчёт научно-исследовательской работы / Р.Ф. Афанасьева, О.В. Бурмистрова, В.М. Бурмистров. – Москва: ГУ НИИ Медицины труда РАМН, 2006. – 72 с.

**ТЕХНОЛОГИЯ «СУХОГО» СИНТЕЗА ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ
ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА ПУТЕМ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА И ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ**

**TECHNOLOGY OF "DRY" SYNTHESIS OF THERMOSTABILIZERS OF POLYVINYL
CHLORIDE BY COMPLEX IMPACT OF SHEAR STRESS AND PLASTIC
DEFORMATIONS**

А.А. Момзяков, Р.Я. Дебердеев, К.С. Фадеева, Т.Р. Дебердеев
A.A. Momzyakov, R.Ya. Deberdeev, K.S. Fadeeva, T.R. Deberdeev

Казанский научный исследовательский технологический университет
Kazan National Research Technological University
E-mail: alex-m-v@yandex.ru

Несмотря на расширение областей применения и растущие потребности рынка, наличие сырьевой базы, в России производство термостабилизаторов поливинилхлорида ограничено, все потребности рынка удовлетворяются за счет импорта. В работе предлагается технологически простое, экологичное решение получения термостабилизаторов, основанное на взаимодействии в «сухом» виде.

Ключевые слова: поливинилхлорид, «сухой» синтез, стеарат кальция, экструзионное оборудование.

Despite the expansion of applications and the growing needs of the market, the availability of raw materials, in Russia the production of PVC heat stabilizers is limited, all market needs are met through imports. In this paper, a technologically simple, environmentally friendly solution for the production of heat stabilizers is proposed, based on the interaction in a "dry" form.

Key words: polyvinylchloride, "dry" synthesis, calcium stearate, extrusion equipment.

Стеараты щелочноземельных металлов (кальция, бария, цинка, кадмия, свинца, меди), стеарат железа (III) применяются в качестве термостабилизаторов в полимерной промышленности, используются в фармацевтике, парфюмерии, в строительстве, так же в производстве и стабилизации квантовых точек, которые впоследствии образуют жидкие кристаллы, применяемые в современной электронике.

Традиционной технологией синтеза стеаратов металлов являются жидкофазные методы, представляющие собой две стадии, первая из которых осуществляется по реакции обмена с получением стеарата щелочного металла (калия, натрия), на второй стадии получается непосредственно стеарат щелочноземельного металла [1].

Традиционная жидкофазная промышленная технология синтеза стеаратов металлов сталкивается с проблемой получения конечного продукта в жидкой среде, что выявляет необходимость тщательной промывки продукта от промежуточных реагентов, растворителей и разбавителей, участвующих в производственном цикле. Требования к качеству продукции диктуют низкий процент содержания влаги, соответственно, было поставлена задача нахождения путей синтеза термостабилизаторов поливинилхлорида с целью снизить содержание массовой доли влаги.

Нами была предложена технология «сухого» синтеза стеаратов металлов, где взаимодействие происходит полностью в твердом агрегатном состоянии реагентов, без использования растворителей и без перевода реакционной смеси в состояние расплава.

Работы [2] в Институте химической физики РАН под руководством Ениколопова Н.С. показали возможность осуществления твердофазной полимеризации и сополимеризации некоторых полимеров на основе тетрафторэтилена на установке сверхвысоких давлений (наковальня Бриджмена). Развивая тему работ механической инициации химической реакции посредством сдвиговой деформации и высокого давления, нами впервые был проведен

синтез органических солей двухвалентных металлов и металлов переменной валентности жирных карбоновых кислот.

Основными критериями успешного протекания химического процесса при твердофазном синтезе являются:

- 1) Деформация сдвига;
- 2) Напряжение сдвига;
- 3) Постоянное обновление межфазной поверхности.

Для реализации твердофазного синтеза необходимо было подобрать оборудование, которое соответствует вышеописанным условиям. В работе [2] было показано, что экспериментальная проверка одной и той же реакционной смеси на различном технологическом оборудовании дает разные результаты. Так, наименее эффективной (наименьшая конверсия) является аппаратура, в которой для создания условий твердофазного синтеза является фильера. Большой эффективностью характеризуются аппаратуры типа наковален и установка для экструзии через кольцевой зазор при вращении центральной части (дорна). Воздействие ударных волн помимо высокого давления и деформации вызывает значительный разогрев вещества, что оказывает влияние на конверсию и выход продукта.

Твердофазный синтез стеаратов металлов был осуществлен на установке экструзионного типа, синтезу каждой отдельной соли соответствовали индивидуальные значения воздействия скорости вращения шнека, величина напряжения сдвига и значение деформации сдвига.

Кинетика солей щелочноземельных металлов и металлов переменной валентности стеариновой кислоты отслеживалась на ИК-Фурье спектрометре "Bruker Vertex 70", где концентрация полученных продуктов высчитывалась при помощи закона Бугера-Ламберта-Бера с использованием метода молярного коэффициента поглощения.

Лабораторные исследования показали высокую эффективность процесса (выход ~ 98%) и стабильность характеристик, получаемых стеаратов металлов. При этом отсутствует стадия промывки непрореагировавшего продукта от компонентов реакционной системы, а соответственно и отсутствует стадия сушки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологический регламент "Производство стеарата кальция № 123-01-90 г. Стерлитамак"
2. А.А. Жаров Реакционная способность мономеров и других органических соединений в твердой фазе при высоком давлении и деформации сдвига / А.А. Жаров/ Высокомолекулярные соединения, серия Б, 2004, том 46, №9, с. 1613-1637.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ АМАРАНТА

PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS OF CELLULOSE OBTAINED FROM AMARANTH

М.С. Вершинин, М.Р. Гараева, А.В. Косточко, Р.Я. Дебердеев
M.S. Vershinin, M.R. Garayeva, A.V. Kostochko, R.J. Deberdeev

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Kazan national research technological University
E-mail: maxim1087@mail.ru

Исследована возможность получения целлюлозы из Амаранта и проанализированы физико-химические показатели полученной целлюлозы. Установлена зависимость влияния режимов получения целлюлозы на физико-химические показатели. Методом ИК-Фурье спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии определена структура целлюлозы.

Ключевые слова: целлюлоза; амарант; получение; ИК-спектр; характеристики; механотермохимическая обработка; альфа-целлюлоза; степень полимеризации.

The possibility of obtaining cellulose from Amaranth has been studied and physical and chemical parameters of the obtained cellulose have been analyzed. The dependence of the influence of cellulose production modes on physical and chemical parameters is established. The structure of cellulose was determined by IR-Fourier spectroscopy and x-ray diffractometry.

Key words: cellulose; amaranth; preparation; IR spectrum; characteristics; mechanostereochemistry treatment; alpha-cellulose; degree of polymerization.

Целлюлоза, являясь самым распространенным природным полимером, находящим применение во многих областях промышленности, находит и новые перспективы применения в пищевой промышленности для упаковки с пониженной кислородопроницаемостью [1], в электронике для гибких экранов смартфонов [2], в составе композиционных материалов для деталей автомобилей [3].

Наравне с широким использованием хлопковой и древесной целлюлозы активно разрабатываются новые технологии получения целлюлозы из конопли, льна и мискантуса [4-8].

В настоящее время, как известно целлюлозу получают преимущественно из хлопка и древесины. Древесина является медленно возобновляемым ресурсом, а постоянные вырубки и лесные пожары приводят к значительным уменьшениям лесных массивов. В связи с этим перед исследователями стоит актуальная задача разработки экономически эффективных ресурсосберегающих технологий получения целлюлозы различных видов из соломы травянистых растений.

По данным Федеральной службы государственной статистики [9] в России на 2016 год было произведено 8,2 млн.т древесной целлюлозы, тогда как мировое производство около 175 млн.т. целлюлозы. Это свидетельствует о том, что в России достаточно мало используют целлюлозу в различных областях народного хозяйства, в связи с чем существует необходимость в расширении сырьевой базы растительного сырья для получения целлюлозы идущей для производства различных материалов, в виде наполнителей в пищевой промышленности, в лекарственных препаратах. Кроме того, она может быть использована как основа в современных экологически безопасных композитных материалах.

Одним из вариантов развития сырьевой базы целлюлозы может стать использование уникального по своим свойствам растения амаранта (рисунок 1). Однолетнее пурпурно или желто-зеленое травянистое растение, высота которого может достигать 2,5-4 м. Урожайность

амаранта 2000 ц/га биомассы, для сравнения у льна она составляет 10-15 ц/га, у конопли около 100 ц/га, у мискантуса 250 ц/га [10]. Уникальная особенность амаранта приспосабливаться к различным условиям внешней среды, делает его подходящим для возделывания в различных регионах России.



Рис.1. Амарант:
а – растение; б – солома.

Целью настоящей работы является получение, отработка технологии получения целлюлозы из амаранта и оценка ее физико-химические свойства.

Экспериментальная часть

Объект исследования: образцы целлюлозы из амаранта, полученные в научно-технологическом парке ФГБОУ ВО «КНИТУ» (АО Технополис «Химград» г. Казань). Работа выполнена в рамках государственного задания 10.1718.2017./П4 МинОбрНауки.

Целлюлоза из амаранта получена по следующей технологии: щелочная варка, механотермохимическая обработка на экструдере, перекисная отбелка, промывка и сушка. Исходное сырье подвергали механическому размолу в электрической мельнице после чего проводили щелочную варку с использованием NaOH при концентрации 25-35 г/л, гидромодуль 1:20, температура 98 °С и продолжительность 60-90 минут. Затем сырье промывали и пропускали через экструдер разогретый до 96 °С. Полученные образцы целлюлозы промывали и проводили отбелку перекисью водорода при следующих режимах: концентрация H₂O₂ 5%, гидромодуль 1:10, температура 90 °С, время отбелки 30 минут. После отбелки образцы целлюлозы промывались и сушились на открытом воздухе.

В качестве контрольных образцов для сравнения использовали хлопковую целлюлозу, произведенную в Казахстане по ГОСТ 595-79 и древесную беленую целлюлозу (Норвегия (DerivatNC)).

Физико-химические испытания полученных образцов целлюлоз проводили по гостированным стандартизированным методикам. Массовую долю α – целлюлозы определяли по ГОСТ 6840-78, содержание смол и жиров по ГОСТ 6841-77, содержание лигнина по ГОСТ 11960-79, показатель динамической вязкости по ГОСТ 14363.2-83 и степень полимеризации по ГОСТ 9105-74.

Структура полученных образцов целлюлоз исследовалась с помощью ИК-Фурье спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии.

ИК-Фурье спектры получали с помощью ИК-Фурье спектрометра "Avatar 360" в диапазоне от 400 – 4000 см⁻¹ с математическим обеспечением программы «OMNIC». Образцы для ИК-Фурье спектрометра готовились в виде таблеток с бромистым калием. Бралась навеска целлюлозы и KBr в соотношении 1:50. Готовую смесь прессовали, в результате чего исследуемые образцы были в виде полупрозрачных таблеток.

Рентгенограммы образцов целлюлозы растительного происхождения получали с применением дифрактометра Bruker D2 PHASER. Съемку дифрактограмм производили в

диапазоне углов 2θ от 5 до 60 deg. Скорость съёмки 2,5 deg/min с шагом 0,04 deg. Образцы для измерения готовили в виде плоских таблеток диаметром 2 см и толщиной в 3 мм, для этого целлюлозу прессовали на прессе при давлении 80 кгс/см². Степень кристалличности рассчитывали по методу Сегала [11, 12].

Обсуждение результатов

В таблице 1 представлены физико-химические характеристики исследуемых целлюлоз. Из таблицы видно, что образец целлюлозы из амаранта (1) имеет массовую долю α -целлюлозы 80,9 %, содержание лигнина 14,8 %, динамическую вязкость 5,5 СП и степень полимеризации 290. Целлюлоза из Амаранта (2) имеет массовую долю α – целлюлозы 71,7 %, содержание лигнина 8,6 %, динамическую вязкость 6,0 СП и степень полимеризации 305

Таблица 1

Сравнение физико-химических характеристик различных целлюлоз

Образец целлюлозы из	Массовая доля α -целлюлозы, %	Содержание смол и жиров, %	Содержание лигнина, %	Динамическая вязкость, СП	Степень полимеризации
хлопка	98,7	0,8	-	17,4	512,2
древесины	91,6	-	2,3	8,1	375,2
амаранта (1)	80,9	1,7	14,8	5,5	290,0
амаранта (2)	71,7	1,6	8,6	6,0	305,7

Влияние технологических параметров получения целлюлозы на ее характеристики представлены в таблице 2. Из таблицы видно, что при изменении параметров варки целлюлозы происходит изменение характеристик целлюлозы, при увеличении времени варки до 90 минут происходит уменьшение содержания лигнина примерно до 9 %, а снижение концентрации NaOH в растворе до 2,5 % приводит к значительному снижению α – целлюлозы до 71 % несмотря на увеличение времени варки. Это связывают с тем, что при концентрации 3,5 % NaOH в растворе происходит более эффективное удаление нецеллюлозных примесей. Также обращает на себя внимание тот факт, что целлюлоза из амаранта (2) при значении α – целлюлозы около 71 % имеет динамическую вязкость 6,0 СП, в то время как целлюлоза из амаранта (1) при значении α – целлюлозы около 81 % имеет динамическую вязкость 5,5 СП. Это указывает, что динамическая вязкость ниже при высоком содержании лигнина и повышается при увеличении нецеллюлозных примесей (гемицеллюлоза и пентозаны), что вероятно связано с тем, что они имеют схожую с целлюлозой структуру, но меньшую длину цепей [13].

Прослеживается закономерность, что удаление из целлюлозы нецеллюлозных примесей зависит от концентрации NaOH, а на удаление лигнина влияет продолжительность варки.

Таблица 2

Влияние технологических параметров получения целлюлозы из амаранта на ее характеристики

Образец целлюлозы из	Время варки, мин	Концентрация NaOH, %	Массовая доля α -целлюлозы, %	Содержание лигнина, %	Степень полимеризации
Амарант (1)	60	3,5	80,9	14,8	290,0
Амарант (2)	90	2,5	71,7	8,6	305,7

Основные полосы поглощения в ИК-спектрах целлюлоз представлены в таблице 3 и на рисунке 2.

Анализ показал, что на ИК-спектрах целлюлозы из амаранта (1) и амаранта (2) присутствуют все пики характерные для целлюлозы. $3413,67 \text{ см}^{-1}$ валентные колебания (ВК) ОН-групп, участвующие в межмолекулярных и внутримолекулярных Н-связях; $2925,82 \text{ см}^{-1}$ – ВК связей в группах СН и CH_2 ; $1637,69 \text{ см}^{-1}$ – деформационные колебания (ДК) связей Н–О–Н, обусловлены присутствием связанной воды; $1433,46 \text{ см}^{-1}$, $1375,14 \text{ см}^{-1}$ – ДК С–Н связи; $1324,27 \text{ см}^{-1}$ деформационные CH_2 веерные колебания; $1146,38 \text{ см}^{-1}$ асимметричные ВК моста С–О–С; $1087,63 \text{ см}^{-1}$ колебания моста С–О–С глюкопиранозного кольца; $1039,58 \text{ см}^{-1}$ ВК С–О связи в первичной спиртовой группе в различных конформациях; $860\text{--}400 \text{ см}^{-1}$ наблюдается широкое размытое поглощение, на фоне которого проявляется ряд нерезких полос поглощения, характеризующих различные колебания пиранозного кольца и деформационных колебаний гидроксильных групп [15].

В ИК-спектрах целлюлозы из амаранта помимо полос поглощения, относящихся к ИК спектрам целлюлозы, присутствуют дополнительные полосы поглощения не относящиеся к ИК-спектрам целлюлозы. Согласно литературным данным [14] данные полосы поглощения характерны для ИК-спектров лигнина.

Таблица 3

Полосы поглощения в ИК-спектрах целлюлоз

Функциональные группы	Образец целлюлозы из			
	хлопка	древесины	амаранта (1)	амаранта (2)
$\nu(\text{OH})_{\text{с}}, \text{см}^{-1}$	3421,56	3430,11	3413,67	3446,48
$\nu(\text{CH}_2)_{\text{ср}}, \text{см}^{-1}$	2917,09	2919,55	2925,82	2923,27
$\delta(\text{НОН})_{\text{ср}}, \text{см}^{-1}$	1636,22	1634,02	1637,69	1636,45
$\delta_{\text{S}}(\text{CH}_2\text{OH}) + \delta(\text{CH})_{\text{пл}}, \text{см}^{-1}$	1430,40	1428,75	1433,46	1430,31
$\delta_{\text{i}}(\text{OH}) + \delta(\text{CH}) + \gamma_{\omega}(\text{CH}_2)$	1374,09	1372,69	1375,14	1384,14
$\delta(\text{CH})$	1316,66	1315,73	1324,27	1313,33
$\delta(\text{OH}) + \delta(\text{CH}_2)_{\text{сл}}, \text{см}^{-1}$	1164,26	1163,04	1146,38	1164,38
$\nu_{\text{a}}(\text{COC})$ мостик	1058,38	1059,49	1087,63	1049,75
$\nu(\text{C}-\text{C}), \nu(\text{C}-\text{OH}), \delta(\text{CH}), \delta(\text{OH})$	1030,46	1033,54	1039,58	1018,51
$\nu_{\text{s}}(\text{COC})$ -мостик + $\delta(\text{C1H})$	897,98	898,08	882,85	898,61
$\delta(\text{CH}) + \delta(\text{CH}_2) + \gamma(\text{CH})$	668,64	667,27	657,71	654,16
(C–C) скелетные	615,75	616,52	626,58	617,41

Степень кристалличности образцов целлюлозы представлена в таблице 4. На рисунке 3 представлены рентгенограммы образцов целлюлозы.

Анализ рентгенограмм показал, что все применяемые образцы являются аморфно-кристаллическими веществами [7].

На основе пользовательских баз данных, присутствующих в программном обеспечении DIFFRAC.EVA, было установлено, что исследуемые образцы целлюлоз принадлежат структурной модификации I β .

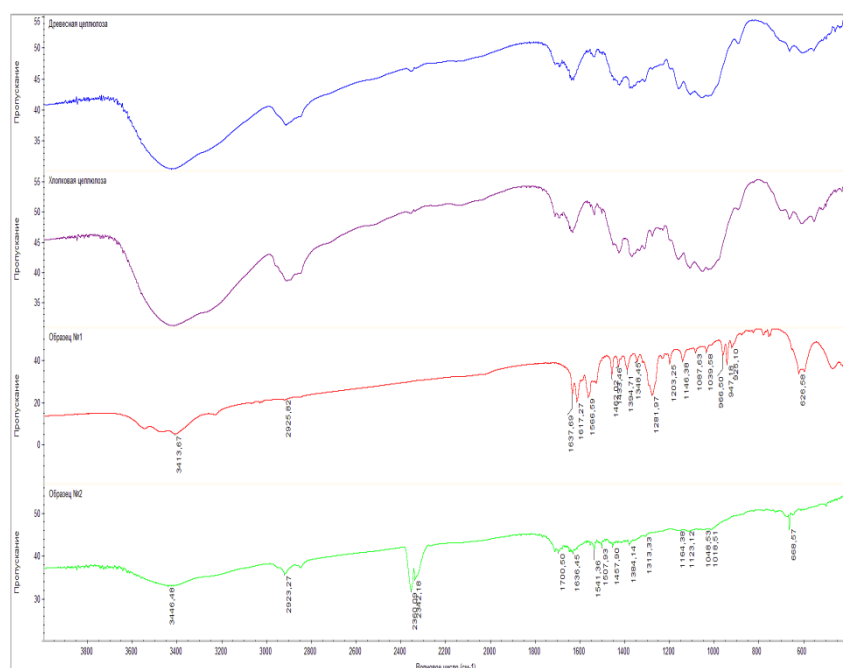


Рис.2. ИК-Фурье спектры образцов целлюлозы

Из таблицы 4 также видно, что степень кристалличности составила у целлюлозы из хлопка 89 %, древесины 83 %, амаранта (1) 74% и амаранта (2) 70 %. Заниженные показатели степени кристалличности у целлюлозы из амаранта свидетельствуют о том, что в образцах в значительной степени присутствует аморфная составляющая. Сопоставляя химический состав и степень кристалличности можно заметить влияние содержания α – целлюлозы и нецеллюлозных примесей на степень кристалличности. Так амаранта (1) имеет СК 74 % при содержании α – целлюлозы 80 % и содержании лигнина 14 % тогда как амаранта (2) имеет СК 70 % при содержании α – целлюлозы 71 % и содержании лигнина 8 %. Это свидетельствует о том, что на СК в основном оказывает влияние содержание α – целлюлозы как наиболее упорядоченной части целлюлозы.

Таблица 4

Степень кристалличности образцов целлюлоз

Образец целлюлозы из	хлопка	древесины	амаранта (1)	амаранта (2)
Степень кристалличности, %	89,14	83,61	74,32	70,31

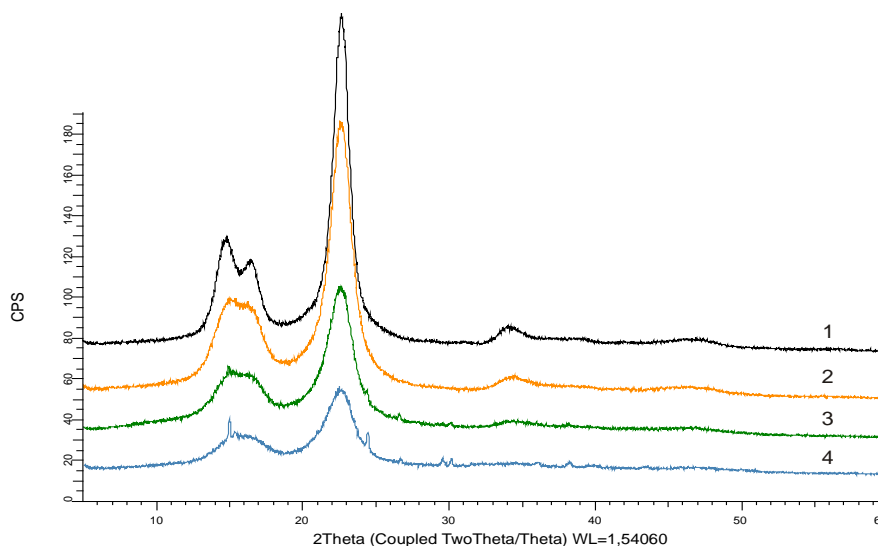


Рис.3. Рентгенограммы образцов целлюлозы из:
1 – хлопка; 2 – древесины; 3 – амаранта (1); 4 – амаранта (2).

Заключение

Получены и охарактеризованы образцы целлюлозы из Амаранта. Выявлены зависимости влияния режимов получения сырья на физико-химические характеристики целлюлозы. Установлено, что полученные образцы целлюлозы содержат до 81% α – целлюлозы и имеют динамическую вязкость 5 – 6 СП. Предложена технология получения целлюлозы из амаранта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Cleandex [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cleandex.ru/news/2017/04/21/nanotsellyuloza__material_buduschego
- 2 Свежее в мире НИ-ТЕСН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wapstat.info/news/read/1871/>
- 3 Артемов, А.В. Отраслевая наука льняного комплекса России: проблемы и перспективы / А.В. Артемов // Российский химический журнал.- 2003. - №5. - С. 68-75.
- 4 Гисматулина Ю.А., Будаева В.В., Золотухин В.Н. Получение целлюлозы из мискантуса и соломы льна-межеумка азотнокислым и комбинированным способами // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы 6-й Всеросс. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с межд. участием, г. Бийск, 24-26 мая 2012. – г. Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2013. – С. 270-274.
- 5 Шипина О.Т., Гараева М.Р., Александров А.А. ИК-спектроскопические исследования целлюлозы из травянистых растений //Вестник Казанского технологического университета. – 2009. – № 6. – С. 148-152.
- 6 Косточко, А.В. Получение и исследование свойств целлюлозы из травянистых растений // Косточко А.В., Шипина О.Т., Валишина З.Т., Гараева М.Р., Александров А.А. // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 9. С. 267-275.
- 7 Нугманов О.К., Григорьева Н.П., Лебедев Н.А. Структурный анализ травяной целлюлозы // Химия растительного сырья. – 2013. – № 1. – С. 29-37.
- 8 Денисова М.Н., Огиенко А.Г., Будаева В.В. Исследование структур мискантуса, гидротропной целлюлозы и нитратов, полученных из нее // Химия растительного сырья. – 2012. – № 4. – С. 19-27.
- 9 Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/natura/mes10.htm.
- 10 Чиркова, Т.В. Амарант-культура 21 века / Т.В. Чиркова // Соровский образовательный журнал.-1999.- № 10.- С. 22-27.
- 11 Anders Thygesen On the determination of crystallinity and cellulose content in plant fibres/ Anders Thygesen et al// Cellulose.- 2005.- № 12.- P. 563–576.
- 12 Nicoleta, T. Overview on native cellulose and microcrystalline cellulose I structure studied by X-ray diffraction (WAXD): Comparison between measurement techniques/ T. Nicoleta, I. Roger, C.S. Kurt // LenzingerBerichte.- 2011. - P. 118-131.
- 13 Никитин В.М. Химия древесины и целлюлозы/ В.М. Никитин, А.В. Оболенская, В.П. Щеголев. - М.: Лесная промышленность, 1978. - 368 с.
- 14 Денисова, М.Н. Целлюлоза и лигнин, получение гидротропным способом из мискантуса/ М.Н. Денисова, Р.Ю. Митрофанов, В.В. Будаева, О.С. Архипова // Ползуновский вестник.- 2010.- № 4.- С. 198-206.
- 15 Базарнова, Н.Г. Методы исследования древесины и ее производных: учеб. пособие / Н.Г. Базарнова [и др.]; Под ред. Н.Г. Базарновой. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2002. – 160 с.

ОПТИЧЕСКИЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ ТКАНЫХ СЕТЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

THE OPTICAL METHOD OF CONTROLLING THE RETICULATE WOVEN MATERIAL

Д.А. Беляев, С.А. Щеглов, А.В. Голунов, Т.Г. Алеев
D.A. Belyaev, S.A. Scheglov, A.V. Golunov, T.G. Aleev

Омский государственный технический университет
Omsk State Technical University

E-mail: saros15@yandex.ru, sasha_golunov@mail.ru, demox410@yandex.ru

Аннотация – В данной работе рассмотрены способы контроля тканых материалов, в частности контроль натяжения нитей сетчатой основы в процессе изготовления трафаретных форм. В рамках статьи авторами был разработан оптический способ контроля натяжения сетчатой нити трафаретной формы, суть которого заключается в получении дифракционной картины при помощи когерентного источника света.

Ключевые слова: тканые сетчатые материалы; трафаретная печать; контроль натяжения сетчатой основы трафаретной формы; дифракционная картина; когерентный источник излучения.

Abstract: In this paper, we examined methods of controlling woven materials, in particular, the control of the tension of the threads of the mesh base during the manufacture of stencil molds.

Keywords: woven mesh materials; screen printing; tension control of the mesh backbone of the stencil form; diffraction pattern; coherent radiation source. The authors developed an optical method for controlling the tension of a reticulated filament yarn, the essence of which is to obtain a diffraction pattern by using of a coherent light source.

Введение

Сетчатые тканые материалы применяются во многих отраслях промышленности, в том числе и полиграфии. Так при печати трафаретным способом по текстилю в качестве основы формы применяют сетчатые тканые материалы. Условием получения качественных оттисков является отсутствие искажений формы ячеек сетчатой основы в процессе её натяжения на формную раму [1].

Известен ряд способов контроля величины натяжения сеток трафаретных печатных форм (ТПФ).

- «Геометрический» способ [2].
- Способ контроля натяжения с применением метода муаровых полос [3].
- Способ контроля натяжения, заключающийся в создании прогиба сетки [4].
- Метод контроля с применением специального прибора – тензометра [5].

Постановка задачи

Учитывая ограниченные возможности известных способов, сотрудниками кафедры «ДТМ» ОмГТУ разработали оптический способ контроля натяжения сетчатой основы ТПФ [6].

Суть предлагаемого способа состоит в следующем. Натягиваемая сетчатая основа освещается когерентным источником излучения, результатом чего является образующаяся с противоположной стороны сетки дифракционная картина Фраунгофера. Данный спектр не похож на изображение реального объекта (сетчатого материала), однако несет всю информацию о параметрах последнего. Кроме того, данный способ значительно уменьшает относительную погрешность измерений, чем мельче объект (структура сетчатого материала), тем шире его спектр и тем меньше относительная ошибка измерения [7,8]. Дифракционная картина представляет собой совокупность максимумов интенсивности излучения, расположенных по определённому правилу распределения, задаваемому следующими характеристиками сетки:

- количеством нитей на единицу длины;
- толщиной нитей;
- линейными размерами и конфигурацией ячеек.

Теория

Контроль степени натяжения осуществляется следующим образом. Сетка помещается в натяжном устройстве и фиксируется в зажимах без предварительного натяжения. Осуществляется освещение сетчатой основы когерентным источником излучения, в качестве которого рекомендуется использовать лазерный диод. По другую сторону от сетки располагается фотоприемник, в качестве которого может использоваться, к примеру, ПЗС – матрица или ЛПЗС (линейка ПЗС-элементов). Осуществляется измерение расстояния между центральным и ближайшими к нему по горизонтали и по вертикали максимумами интенсивности излучения на дифракционной картине (рис.1, А и В – искомые расстояния).

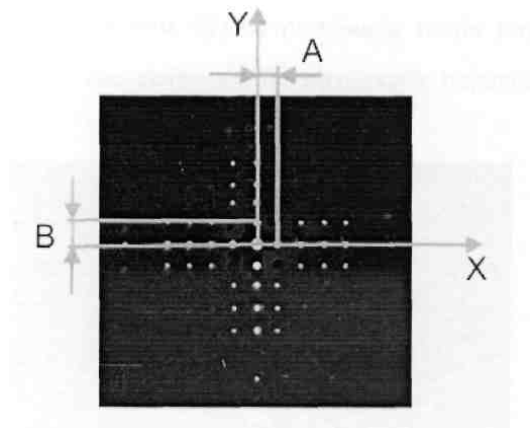


Рис. 1. Фотографическое изображение дифракционной картины

Эти расстояния будут соответствовать шагу сетчатой основы (толщина нити + сторона ячейки) по основе (продольные нити) и утку (поперечные нити). Затем осуществляется расчёт размеров интерференционной картины после натяжения трафаретной сетки до уровня, рекомендуемого изготовителем. После чего производится натяжение до необходимого уровня, сопровождающееся непрерывным контролем интерференционной картины.

Равномерность натяжения и форма ячеек контролируются по изменению конфигурации интерференционной картины, которая выражается в смещении максимумов интенсивности излучения, расположенных строго по осям абсцисс и ординат прямоугольной системы координат, в сторону от изначального их положения.

Распределение интенсивности в дифракционной картине формулируется следующим образом:

$$E(x, y) = |F \{ g(x, y) \cdot T(x, y) \}|^2, \text{ где (1)}$$

$F \{ \}$ - оператор преобразования Фурье,

g – падающее излучение,

T – функция пропускания объекта (сетчатого материала).

Для $F \{ g \cdot T \}$ имеем $F \{ g \cdot T \} = F \{ g \} * F \{ T \}$,

где $*$ - оператор свертки [3].

Работая с лазерным диодом (ЛД), мы имеем дело с гауссовской функцией [2]. Фурье – образ гауссовской функции описывается также гауссовской функцией.

Если $g(x, y) = \exp \left[-\frac{x^2 + y^2}{2\omega^2} \right]$, где ω - ширина лазерного пучка, то

$$F\{g\} = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha} \exp\left[\frac{\omega_x^2 + \omega_y^2}{4\alpha}\right]}, \text{ где}$$

$$\alpha = \frac{1}{2\omega^2}, \quad \omega_x = kx/z, \quad \omega_y = ky/z, \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} - \text{волновое число,}$$

λ - длина волны.

Для $T(x, y)$ в идеальном случае можно написать

$$T(x, y) = \sum_{n=-N}^N \sum_{m=-M}^M D(x - nX_0, y - mY_0), \text{ где}$$

$|m| = 0 \dots M, |n| = 0 \dots N$ - количество строк и столбцов на объект соответственно (в электронном виде, полученном с фотоприемника).

$$D(x, y) = \begin{cases} 1, & |x| \leq \frac{X}{2}, |y| \leq \frac{Y}{2}, \text{ где} \\ 0 & \end{cases}$$

X, Y - размеры ячейки сетки,

X_0, Y_0 - шаг сетки по осям x и y ,

$D(x, y)$ - функция пропускания ячейки.

Для $F\{T\}$ можно написать с точностью до const множитель:

$$F\{T\} \approx \left[\frac{\sin\left(\frac{Xkx}{z}\right) \sin\left(\frac{Yky}{z}\right)}{\frac{kx}{z} \frac{ky}{z}} \cdot \frac{\sin\left[X_0kx\left(N + \frac{1}{2}\right)/z\right]}{N \sin(x_0kx/z)} \cdot \frac{\sin\left[Y_0ky\left(M + \frac{1}{2}\right)/z\right]}{M \sin(Y_0ky/z)} \right]$$

где $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - волновое число;

λ - длина волны.

Если $g(x, y) = \text{const}$, то $E(x, y) = [F\{T\}]^2$, и результат имеет простой аналитический вид.

Искать аналитическое выражение для свёртки из выражения (1) представляется нецелесообразным. Для выполнения этой задачи необходимо воспользоваться существующим программным обеспечением, к примеру, пакетом «Mathcad».

Обсуждение результатов

Полученный результат определит свето-распределение в объекте (сетчатой основе ТПФ).

В качестве рабочих схем для реализации предлагаемого способа было выбрано 2 варианта:

- работа в проходящем свете (источник и приемник излучения находятся по разные стороны от натягиваемой сетчатой основы);

- работа в отраженном свете (источник и приемник излучения находятся по одну сторону от натягиваемой сетчатой основы).

Рассмотрим схему, работающую в проходящем свете.

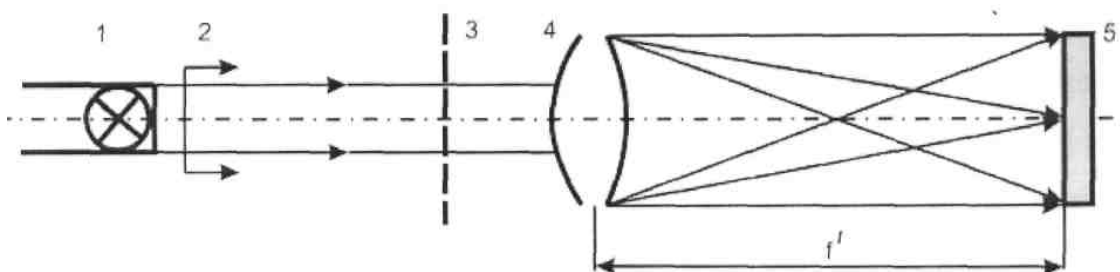


Рис. 2 Схема устройства для контроля натяжения сетчатой основы ТПФ, работающего в проходящем свете

На рис. 2: 1 – лазерный диод (ЛД); 2 – плоская волна; 3 – сетчатый материал; 4 – объектив; f' – фокусное расстояние объектива; z – масштабный множитель; 5 – фотоприемник (ПЗС - матрица или ЛПЗС).

В плане практической реализации предпочтительнее устройство, работающее в отраженном свете (см. рис.3).

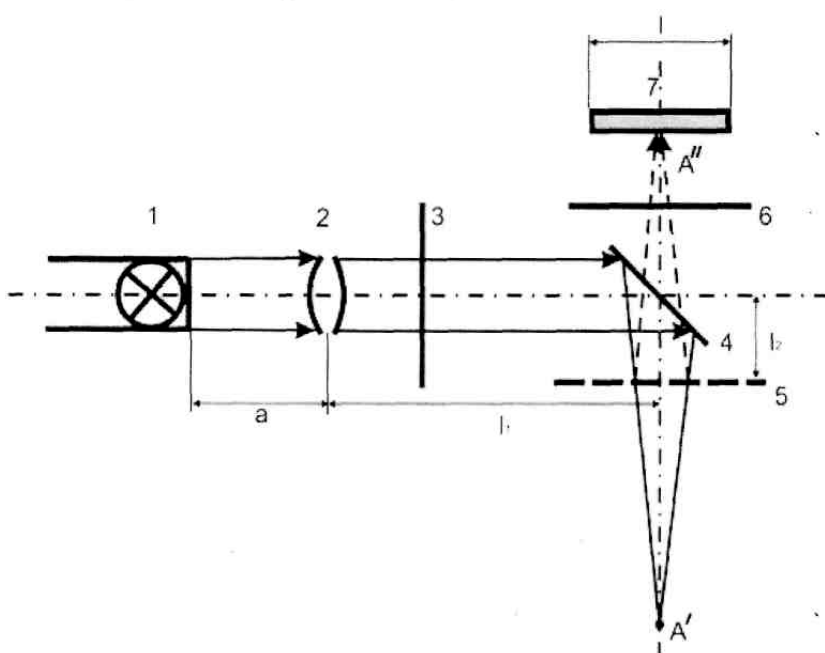


Рис. 3 Схема устройства для контроля натяжения сетчатой основы ТПФ, работающего в отраженном свете

На рис. 3: ЛД – лазерный диод; О – объектив; ПОЛ – поляризатор; З – полупрозрачное зеркало; С – сетчатый материал; АН – анализатор; ПЗС – фотоприемник (ПЗС - матрица или ЛПЗС); А и А' – передний и задний фокусы объектива (А и А' – сопряженные точки).

Его отличают ряд преимуществ: компактность и простота в применении.

Приведенные выше формулы для расчета свето-распределения действительны для обеих схем.

Завершающим этапом процесса контроля натяжения сетчатой основы при помощи оптического способа контроля является анализ полученных дифракционных картин. Анализ производится при помощи программы Mathcad по приведенным выше формулам.

Выводы и заключение

В зависимости от полученных результатов производится коррекция уровня и равномерности натяжения сетчатой основы ТПФ.

Таким образом, способ, предлагаемый авторами в рамках данной статьи, позволяет объективно и точно контролировать в процессе натяжения такие параметры сетчатой основы как: относительное удлинение сетчатого материала, линейные размеры и форма его ячеек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Caza, M High-tension screens and the quality of the printed image//Screen Print., vol. 85, no. 4, Apr. 1995, pp. 66-71.
2. Щеглов, С.А. Трафаретная печать: учеб. пособие. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 1999. – 112 с.: ил. – ISBN 5-8149-0015-6.
3. А.с. 1391947 СССР, МКИ В 41 А 15/36. Способ контроля натяжения сетчатой основы трафаретной печатной формы/Д.Х. Ганиев, Д.Ю. Климов, Л.А. Клейнер и С.А. Щеглов (СССР).- N 1391947 А1; заявл. 30.07.85; опубл. 30.04.88, Бюл. №16. – 3 с.
4. А.с. 885059 СССР МКИ В 41 С 1/14. Способ контроля натяжения сетки трафаретной печатной формы / В.И. Павлов, В.Ф. Пуятин и Н.Д. Перлер (СССР).- № 2788464/28-12; заявл. 19.06.79; опубл. 30.11.81, Бюл. № 44. – 2 с.
5. Пейскенс, Андре М. Изготовление трафаретных печатных форм: технические основы. – Италия: SaatiPrint S.p.A., 2001. – 218 с.: ил.
6. Пат. 2299814 RU, МПК В41F 15/36. Способ контроля натяжения сетчатой основы трафаретной печатной формы/ С.А. Щеглов, Т.Г. Алеев, Д.С. Филатов. - №2005127187/12; заявл. 29.08.2005; опубл. 27.05.2007, Бюл. №15. – 5 с.
7. Бычков, Р.М. Измерение параметров резьбы методами когерентной оптики/ Р.М. Бычков, В.П. Коронкевич, Ю.В. Чугуй// «ОМП», 1977, №11. – с. 50 – 55.
8. Климов, Ю.М. Прикладная лазерная оптика. – М.: Машиностроение, 1985. – 128 с., ил.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN DESIGN OF REHABILITATION PRODUCTS

И.Д.Гусев, М.А.Гусева, И.А.Петросова, М.А.Родионова
I.D. Gusev, M.A. Guseva, I.A. Petrosova, M.A. Rodionova

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство) (Москва)
The Kosygin State University of Russia (Moscow)
E-mail: gusev_ivan97@mail.ru

В ассортименте реабилитационных товаров для людей с инвалидностью по заболеваниям, приводящими к ограничениям способностей к передвижению и самообслуживанию, отсутствуют швейные изделия для поддержания эргономического и психологического комфортного положения ног. В статье рассмотрен процесс проектирования реабилитационных изделий для позиционирования ног инвалидов-колясочников на основе входной информации, полученной бесконтактным портативным сканирующим оборудованием.

Sewing products to maintain ergonomic and psychological comfort position of the legs in people with disabilities for diseases that result in restrictions of mobility and self-relocation are absent in the range of rehabilitation products. The article describes the process of designing rehabilitation products for positioning the legs of disabled wheelchair users on the basis of input information obtained by contactless portable scanning equipment.

Ключевые слова: реабилитационные изделия, сканирующие устройства, имитационная модель, антропометрическая информация.

Key words: rehabilitation products, scanning devices, simulation model, anthropometric information.

По официальным данным 10% населения планеты – это люди с инвалидностью [1]. Международная организация труда констатирует в своих отчетах, что свыше 386 млн. человек с различной степенью инвалидности – это потенциально трудоспособные граждане, стремящиеся получить образование и найти работу, поэтому обществу и государству необходимо оказывать адресную помощь и содействие гражданам в реализации этих устремлений. Всемирная организация здравоохранения находит прямую зависимость численности инвалидов в стране от уровня жизни, оперативности медицинских услуг и комплексности оказания реабилитационной помощи [2]. На январь 2018 г. в РФ общая численность инвалидов составила 12111 тыс. человек [3], из них свыше 2% - это маломобильные граждане. В России разработаны государственные программы [4-6], законодательно определяющие перечень социальных гарантий и реабилитационных мероприятий для лиц с инвалидностью. Так, действие программы «Доступная среда» [6] в Москве и Московской области направлено на развитие инклюзивной инфраструктуры и способствует интеграции инвалидов-колясочников в общественную жизнь. В 2017 году в РФ маломобильным гражданам предоставили 152903 колясок, 1055 приспособлений для одевания, раздевания и захвата предметов, 2850 ед. специальной одежды, 927344 пар ортопедической обуви; при этом 15,5% нуждающихся необходимые реабилитационные изделия получили бесплатно, 74% инвалидов приобрели их за собственный счет, а для 10,5% граждан государство частично компенсировало затраты [3]. Кресла-коляски с ручным или электроприводом обеспечивают инвалидам с заболеваниями опорно-двигательного аппарата транспортную доступность к медицинским, социальным, образовательным учреждениям, магазинам. Однако, по данным официальной статистики, у 23,4% инвалидов нет полного удовлетворения ассортиментом и качеством средств реабилитации, предоставляемым им по рекомендациям Бюро медико-социальной экспертизы.

Для активного включения маломобильных граждан в социальную среду необходимо минимизировать присущий им дискомфорт, связанный с гиподинамичным образом жизни из-за дегенеративных изменений в нервной системе организма, снижения и потери тонуса мышц [7]. У инвалидов наблюдаются нарушения координации, несогласованные фоновые движения, приводящие излишне плотному соприкосновению коленей и щиколоток (рис. 1), смещению ног с подставки коляски [8], выворачиванию стоп. Исследования ассортимента продукции реабилитационной индустрии показало, что в дополнение к стандартной комплектации инвалидных колясок, отечественные предприятия не выпускают специализированных изделий, помогающих предотвратить возникновение дискомфорта при экстремальных положениях коленей и стоп инвалида [9].



Рис.1 – Иллюстрация характерных положений бедренных, коленных и голеностопных участков ног у инвалидов-колясочников (фрагмент фотографии [10])

Анализ конструктивных деталей кресел-колясок, представленных на российском рынке реабилитационных изделий, показал, что для ограничения подвижности ног человека применяют жесткие текстильные нейлоновые ремни. В зависимости от модели инвалидной коляски, позиционирование ног практикуется спереди на участке голени (рис. 2а) или с тыльной стороны щиколоток (рис. 2б), предлагают также использование затягивающихся вокруг ног ремней, но такой способ фиксации может причинить инвалиду дискомфорт с увеличением степени сжатия. Анализ ключевых особенностей электроколясок показал, что в некоторых моделях отсутствуют фиксаторы положения ног (рис. 2в), что может привести к травмам при соскальзывании стоп с подставки для ног, попаданию одежды в движущиеся элементы транспортного средства. Зарубежные производители реабилитационных товаров предлагают на российском рынке утепленные чехлы в инвалидные коляски (рис. 2г), покрывающие ноги, поясницу и участок туловища до уровня плеч. Эти изделия, из-за излишней ширины, недостаточно эффективны для позиционирования ног, т.к. стопы инвалида внутри чехлов могут выворачиваться, сдвигаться друг относительно друга и смещаться с подставки коляски вместе с мешком. Кроме того, очевидна сложность самостоятельного надевания-снятия этих громоздких и тяжелых изделий для обездвиженного человека.



Рис.2 – Варианты закрепления положения ног в инвалидной коляске: а – ремнями спереди; б – текстильными лентами сзади [11], в – отсутствие креплений [12]; г – утепляющим чехлом [13]

Таким образом, можно утверждать, что в РФ не выпускают реабилитационных изделий, обеспечивающих комфортное и безопасное положение ног инвалида в коляске, поддерживающих относительно независимую жизнедеятельность маломобильного человека.

Минпромторгом РФ разработана «Стратегия развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 года», для реализации которой определено создание особых условий производства конкурентоспособных изделий. Для стимулирования развития отечественной реабилитационной индустрии необходимо обновление технологической базы предприятий, расширение ассортимента продукции, стимулирование процесса генерации инновационных проектов [14]. В рамках реализации стратегической задачи стимулирования работ по развитию отечественной индустрии реабилитационных изделий, студентами и преподавателями РГУ им. А.Н. Косыгина проведены научные исследования [8, 9, 15] и реализована разработка конструктивного решения серии реабилитационных изделий [16-17] – мешков для фиксации положения ног в инвалидной коляске. Предпроектный экспресс-мониторинг, проведенный среди инвалидов с разным по длительности опытом использования маломобильных средств [18], показал, что 53% респондентов периодически испытывают проблемы с фиксацией положения стоп, а 29% инвалидов характеризуют свое состояние как «постоянный дискомфорт ног в кресле-коляске». О желании приобретения реабилитационного изделия для фиксации ног в инвалидной коляске высказалось большинство респондентов, при этом 89% опрошенных определили актуальным размер мешка как «покрывающий колени». При ранжировании факторов, влияющих на выбор модели реабилитационного мешка, инвалиды-колясочники, не зависимо от наличия в быту помощи в обеспечении жизнедеятельности, высказались за: приоритетность удобство надевания изделия (74%), антропометрическое соответствие (55%), применение натуральных материалов в утеплителе (18%), удобство ухода за изделием (35%).

Поиск пространственной конфигурации проектируемого реабилитационного изделия выполнялся с применением прогрессивных не травмирующих технологий бесконтактного сканирования субъектов в основной антропометрической позе – сидя (рис. 3а) портативными сенсорами [15]. Исследование вариантов 3D формы натуральных макетов (рис. 3б) позволило определить целесообразные величины проекционных прибавок (воздушных зазоров) на основных горизонтальных уровнях между внутренней поверхностью изделия и ногами человека и спроектировать виртуальный аналог мешка, повторяющий анатомическую форму стоп и голей (рис. 3в). Уточнение 3D формы выполнялось на сетчатых моделях (рис. 3г, д).

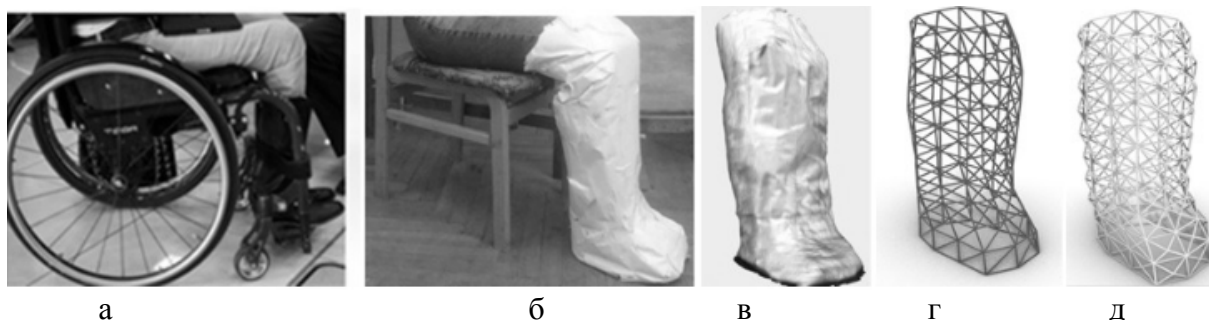


Рис. 3 – Этапы поиска трехмерной формы реабилитационного мешка для ног:
а – основная анатомическая поза, б – натуральный макет, в - визуализация формы проектируемого изделия после 3-D сканирования; г, д – 3-D сетчатые модели виртуального аналога

Для удобства надевания реабилитационный мешок предложено изготавливать разъемным во фронтальной части (рис. 4а), что гарантирует точное позиционирование стоп инвалида внутри изделия. При самостоятельном надевании мешка инвалид может воспользоваться длинными петлями-захватами (1а), втачанными в боковые швы изделия с внутренней стороны [19], а при застегивании – аналогичными петлями (1б), закрепленными в бегунках застежки-молнии. Для регулирования степени прижима изделия к ногам инвалида в конструкции мешка предусмотрены кулиски [16] по верхнему краю (2а) в области щиколоток (2б) со вставленными внутрь лентами с застежками на концах (4а, 4б). Включение в волокнистый состав утягивающих лент синтетических нитей типа спандекс,

придаст им необходимую эластичность и долговечность [20]. Дополнение спандекса к основному составу материала верха из полиэфирных, полиамидных волокон или вискозы улучшает свойство упругого восстановления [21] изделия при эксплуатации реабилитационного мешка в неблагоприятных климатических условиях. Текстильная промышленность РФ импортирует 74% полиэфирных волокон и тканей, 88% полиамидных, 100% вискозных [22], что делает перспективным расширение их производства, в том числе и для использования в реабилитационной индустрии.

Для образца реабилитационного мешка (рис. 4б) в качестве материалов верха применены ткани с пленочным покрытием на основе смол и силиконов. Опытная носка мешка для ног в инвалидную коляску показала, что изделие обладает хорошими эксплуатационными характеристиками, материал верха водонепроницаем (рис. 4в), поэтому востребован для изделий осенне-зимнего назначения. В реабилитационном мешке предусмотрена утепляющая подкладка из меха, повышающая его теплозащитные свойства. В зависимости от ценовой категории изделия мех может быть как синтетическим, так и натуральным. Натуральный мех гигиеничен, не накапливает статическое электричество, обладает приятными тактильными свойствами.

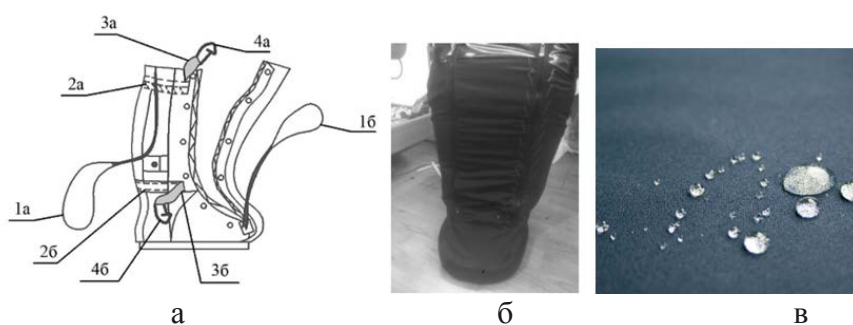


Рис. 4 – Решение реабилитационного мешка для ног в инвалидную коляску:
а – технический эскиз изделия; б – натуральный образец изделия; в – иллюстрация проверки материала верха на водонепроницаемость

Заключение. Инновационное изделие - мешок в инвалидную коляску – надежно позиционирует ноги малоподвижного человека, а при закреплении его к каркасу коляски предотвращает соскальзывание стоп с ножной подставки. Реабилитационный мешок для ног прост в использовании, обладает высокими эргономичными свойствами - конфигурацией повторяет абрис ног. Изделие со встроенными в конструкцию приспособлениями для самостоятельного надевания. Съемная утепляющая подкладка обеспечивает тепловой комфорт в осенне-зимний период, что востребовано для реабилитации граждан с низкой двигательной активностью ног или обездвиженных людей, мешок может заменить инвалидам-колясочникам обувь. Ежедневное использование реабилитационного мешка предотвращает загрязнение одежды.

Научная новизна разработки подтверждена патентами РФ [16, 17].

ЛИТЕРАТУРА

1. Инвалиды – развитие и права человека для всех: ООН. [Электронный ресурс] URL: http://www.un.org/ru/rights/disabilities/background_7.shtml (дата обращения 06.04.2018)
2. Роль данных в улучшении качества жизни людей с инвалидностью: ВОЗ. [Электронный ресурс] URL: <http://www.who.int/features/2017/disability-data-improving-lives/ru/> (дата обращения 06.04.2018)
3. Положение инвалидов. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс] URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/disabilities/# (дата обращения 06.09.2018)

4. О федеральном перечне реабилитационных мероприятий, технических средств реабилитации и услуг, предоставляемых инвалиду / Распоряжение Правительства РФ от 30.12.2005 № 2347-р (ред. от 10.09.2014).
5. ФЗ «О социальной защите инвалидов в РФ» от 24.11.1995 N 181-ФЗ (ред. от 07.03.2018).
6. Об утверждении государственной программы РФ «Доступная среда» на 2011 - 2020 годы: Постановление Правительства РФ от 01.12.2015 N 1297 (ред. от 01.02.2018)
7. Колесник Ю.А. Социальная реабилитация инвалидов // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2008, №11. – С.178-182.
8. Гусев И.Д., Гусева М.А., Андреева Е.Г. Реабилитационные швейные меховые изделия для регуляции произвольных фоновых движений ног у малоподвижных граждан // В сборн. "Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2017)", Ч.1. - М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2017. - С.151-154.
9. Гусев И.Д. Разработка реабилитационных изделий для людей с ограниченной двигательной активностью ног в рамках рециклинга отходов мехового производства// В сб. III Всерос. молодеж. науч. форума «Наука будущего – наука молодых», Т.2. Н. Новгород, 2017. - С.65-66.
10. Инвалиды-колясочники сплывились по Чусовой. [Электронный ресурс] URL: <http://www.justmedia.ru/news/society/invalidy-kolyasochniki-splavilis-po-Chusovoiv> (дата обращения 05.03.2016).
11. OFKO.RU. Интернет магазин. [Электронный ресурс] URL:https://ofko.ru/catalog/kresla_invalidnye_
12. Инвалидные коляски с электроприводом. Ottobock. [Электронный ресурс] URL: <https://www.ottobock.ru/mobility/mobility-for-adults/solution-overview/power-wheelchairs/> (дата обращения 01.09.2017)
13. Мешки для ног ORGATERM. КристоМед. [Электронный ресурс] URL: <http://www.kriptomed.com/catalog/bags-for-feet/> (дата обращения 18.03.2017)
14. Стратегия развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 года. утв. Распоряжением Правительства РФ 22.11.2017 № 2599-р, ввод в действие с 28.11.2017. – М.: Минпромторг, 2017, 4 с. [Электронный ресурс] URL.: <http://minpromtorg.gov.ru/press-centre/> (дата обращения (12.03.2017).
15. Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Тутова А.А., Гусев И.Д. 3D технологии сканирования как инструмент комплексного проектирования швейных изделий с высоким антропометрическим соответствием. // Дизайн. Технология. Материалы. СПб. 2018.Т 1. № 49. с. 114-118.
- 16.Гусева М.А., Андреева Е.Г., Клочкова О.В., Гусев И.Д. Мешок для ног для людей с ограниченными двигательными возможностями // Патент на полезную модель №166649 RU; заявл. 08.06.2016, опубл. 10.12.2016.
17. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Петросова И.А., Клочкова О.В., Гусев И.Д. Мешок для ног с меховой подкладкой для людей с ограниченными двигательными возможностями // Патент на полезную модель № 172 655 RU заявл. 05.04.2017; опубл. 18.07.2017, Бюл. № 20.
18. Гусев И.Д., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Кашцев О.В., Петросова И.А. Расширение ассортимента товаров реабилитационной индустрии для инклюзии маломобильных граждан в социальную среду // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского университета технологии и дизайна. №3. 2018. С. 474-481.
19. Гусев И.Д., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Петросова И.А., Клочкова О.В. Встроенные приспособления для надевания фиксирующих реабилитационных изделий маломобильными гражданами. // В Сборнике научных трудов «Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии», Часть 1. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. С. 23-27.
20. Elsasser V.H. Textiles: Concepts and Principles/ 3 ed.- Fairchild Books, 2010.- 336 p.
21. Андреева Е.Г. Основы проектирования одежды из эластичных материалов. - М.: МГУДТ, 2004. - 134 с.

22. Стратегия развития легкой промышленности Российской Федерации на период до 2025 г.
Проект. [Электронный ресурс] URL:
http://minpromtorg.gov.ru/docs/#!strategiya_razvitiya_legkoy_promyshlennosti_rossii_na_period_d_o_2025_goda

УДК 677.027

ГАЗОФАЗНЫЙ МЕТОД ПРИДАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ ВОДОУСТОЙЧИВОСТИ

GAS-PHASE METHOD OF PRESSURE OF TEXTILE MATERIALS HYDROPHOBIC PROPERTIES

Г.Н. Хуснутдинова, А.А. Азанова, Л.Н. Абуталипова, Т.А. Федорова
G.N. Khusnutdinova, A.A. Azanova, L.N. Abutalipova, T.A. Fedorova

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Kazan National Research Technological University
E-mail: azanovlar@mail.ru

Показаны результаты газовой водоотталкивающей отделки текстильных материалов за счет обработки плазмой фторсодержащего газа. Плазменное фторирование в рассмотренных режимах позволяет увеличить водоупорность текстильных материалов на 30-140%, сохранив при этом их органолептические характеристики и показатели основных свойств.

Ключевые слова: водоотталкивающая отделка, плазменная обработка, свойства.

It is shown the results of gas-phase hydrophobic finishing of textile materials at plasma treatment of fluorine-containing gas. Plasma fluorination in the considered modes allows increasing the water resistance of textile materials by 30-140%, while retaining their organoleptic characteristics and indices of basic properties.

Keywords: hydrophobic finishing, plasma treatment, properties.

Растущая конкуренция производителей текстильных товаров и одежды приводит к необходимости придания текстилю бытового назначения дополнительных свойств, например водо- и грязеотталкивающих. Востребованным становятся текстиль, обладающий комплексом улучшенных свойств: прочностных, гигиенических, эстетических и т.д. Традиционно специальные виды отделки текстильных материалов связаны с их жидкофазной обработкой. Впоследствии таких обработок образуется колоссальное количество сточных вод из-за многочисленных промывок, что вызывает проблему увеличения стоков и затраты на их дополнительную очистку. Альтернативой традиционной жидкофазной обработке может стать процесс на основе применения газовой фазы, одним из которых является плазменная обработка [1].

Целью работы являлась разработка газовой метода придания текстильным материалам устойчивой водоотталкивающей способности на основе плазменной технологии. В качестве объектов рассмотрены хлопчатобумажные текстильные материалы (трикотажные полотна), предназначенные для изготовления верхней одежды, – арт. 1724 (ХБ - 100 %) и арт. М109 (ХБ - 93 %, Dorlastan - 7 %). Обработку материалов проводили на опытно-промышленной плазменной установке высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления. Плазмообразующий газ представляет собой смесь фторсодержащих газов (Frio+407С*): 1,1,1,2-тетрафторэтан – 52%, пентафторэтан – 25% и дифторэтан - 23%. Параметры плазменного воздействия - расход газа G (0,01-0,04 г/с), давление в вакуумной камере P (1-13 Па), мощность разряда W_p (1-2кВт), продолжительность обработки τ (60-600 с).

Результаты определения водоупорности представлены на рис.1.

Обработка хлопчатобумажного трикотажного полотна во фторсодержащих газах придает ему водоотталкивающую способность: водоупорность увеличивается соответственно на 30 % (арт. 1724) и на 140 % (арт. M109). Такой эффект объясняется осаждением из плазмообразующей среды на поверхность образца фторорганических соединений, причем, вероятнее всего, с образованием тонкой фторполимерной пленки. Двойная ВЧЕ-плазменная обработка влечет за собой дополнительное увеличение достигнутой водоупорности на 25-30 %. Это объясняется образованием дополнительных субмикроскопических пор и развитием поверхности хлопкового волокна при плазменной обработке в кислородсодержащей среде, что увеличивает площадь контакта с фторуглеродным газом и как следствие площадь с осажденными фторуглеродными соединениями. Двойная плазменная обработка может быть использована, когда требуется более высокая степень гидрофобности материала.

ВУ, мм вод.ст.

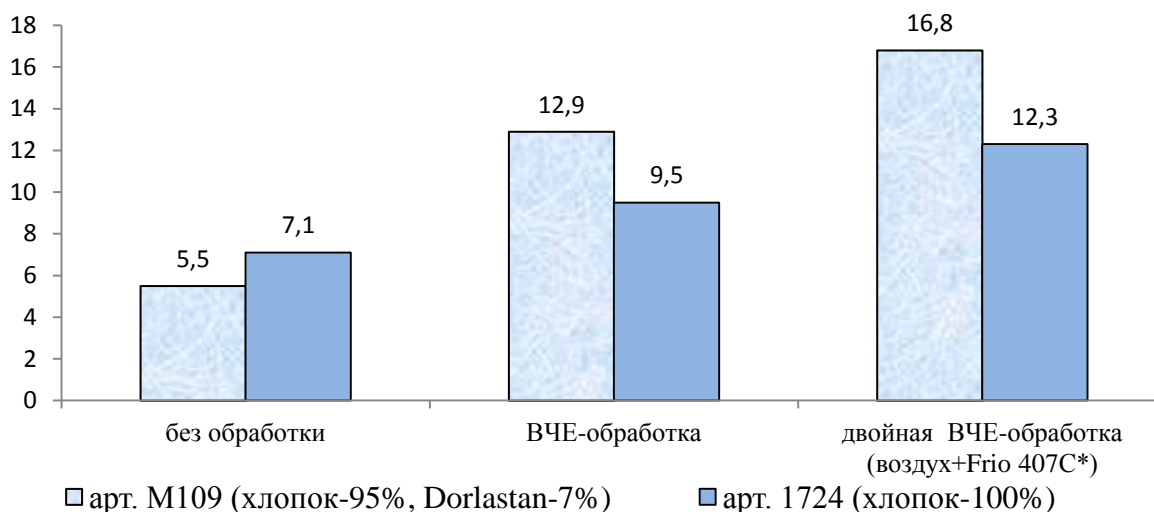


Рис.1. Водоупорность ВУ текстильных материалов до и после газовой ВЧЕ плазменной обработки ($G=0,04$ г/с, $P=13$ Па, $W_p=1,6$ кВт, $\tau=480$ с)

Осаждение на поверхности образца фторуглеродных соединений из плазмообразующей среды обнаруживается методом ИК-спектроскопии. ИК-спектры снимали в режиме МНПВО, позволяющем регистрировать спектры верхних слоев волокна непосредственно с фрагмента материала. На спектре опытного образца наблюдается интенсивный сигнал при 739 см^{-1} . Известно, что группы $\text{CF}_3\text{-CF}_2\text{-CF}_2\text{-C+ (F)}$ активируются в интервале от 730 до 745 см^{-1} , который отвечает за деформационные колебания, а поглощение около 739 см^{-1} [2], соответствует случайным молекулярным цепочкам и присутствию аморфной фазы в пленках тефлона.

Важной стороной плазменной водоотталкивающей отделки является сохранение уровня остальных потребительских свойства и, что особенно важно, гигроскопичности. Основные нормируемые показатели потребительских свойств приведены в табл.

После ВЧЕ-плазменной обработки в среде фторсодержащего газа угол смачивания θ_d водой поверхности полотна становится больше 90^0 , то есть происходит ее гидрофобизация. За счет того что плазменное фторирование затрагивает лишь тонкий поверхностный слой волокон, существенного изменения показателей объемных свойств полотна, таких как поверхностная плотность, жесткость Ж, усадка / притяжка λ после мокрых обработок, не происходит.

Полученный эффект гидрофобизации устойчив во времени - первоначальные значения водоупорности сохраняются более полугода. Снижение эффекта гидрофобизации после стирок составляет около 30%, что связано с удалением фторуглеродов, не связанных с

волокном. Однако после следующих обработок уровень водоупорности уменьшается незначительно. Стабильность эффекта плазменной обработки во времени и устойчивость к различным технологическим воздействиям является важным фактором с точки зрения практического применения плазменных технологий в процессах отделки целлюлозосодержащих трикотажных материалов.

Таблица

Показатели потребительских свойств хлопчатобумажных трикотажных полотен с водоотталкивающей отделкой в среде фторсодержащего газа

Показатель	Значение				
	Нормативное	Арт. 1724		Арт. М 109	
		до обработки	после обработки	до обработки	после обработки
Поверхностная плотность, г/м ²	-	285	285	320	320
Водоупорность (при скорости 10 бар/мин.), мм вод. ст.	-	7,2	9,4	5,5	12,9
Гигроскопичность, %	не менее 6-14	24,5	21,6	25,7	23,6
Динамический угол смачивания водой, град.	-	88,1	108,8	89,9	111,8
Разрывная нагрузка, Н					
- вдоль петельных столбиков	не менее 80	269,5	268,5	256,2	258,2
- вдоль петельных рядов	-	442,3	444,3	349,6	350,2
Относительное разрывное удлинение, %					
- вдоль петельных столбиков	-	117,5	126,3	131,2	132,0
- вдоль петельных рядов	-	90,0	91,5	95,6	96,2
Изменение линейных размеров после мокрых обработок (усадка/ притяжка), %	не более				
- по длине	+3	-10	-10	-5	-5
- по ширине	+3	-9	-9	-4	-4
Линейный коэффициент жесткости, (г·мм)/град	-	0,48	0,48	0,19	0,18

Плазменная обработка в среде фторуглеродных газов является эффективным способом придания целлюлозосодержащим текстильным материалам водоотталкивающей способности, которая в отличие от традиционных методов, не влечет ухудшение основных физико-механических свойств материалов, в том числе жесткости. К тому же в отличие от традиционных методов водоотталкивающей отделки, которые основаны на пропитке полотна гидрофобизирующими составами и последующей термофиксации, плазменная технология исключает использование жидкостей. Трикотажные полотна с плазменной водоотталкивающей отделкой могут быть использованы для изготовления широкого ассортимента бытовых швейно-трикотажных изделий – спортивного трикотажа (брюки, куртки, комплекты), повседневной верхней одежды (фуфайки, джемперы), детских трикотажных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азанова А.А. Подготовка льняной пряжи к крашению с использованием неравновесной низкотемпературной плазмы // Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2015. № 3. С. 71–74.

2. Андреев М.Н., Ребров А.К., Сафонов А.И., Тимошенко Н.И. Исследование процессов осаждения тонких тефлоноподобных пленок газоструйным методом // Вестник НГУ. Серия: Физика. 2007. Т. 2. № 4. С. 55–59.

УДК 621.920

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ПИГМЕНТОВ В СИСТЕМАХ ЖИДКОСТЬ ТВЕРДОЕ-ТЕЛО

THE INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF DISPERSING PIGMENTS IN LIQUID SYSTEMS SOLID-BODY

С.А. Родионов, С.О. Кожевников
S.A. Rodionov, S.O. Kozhevnikov

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: kojevnikov_so@mail.ru

В статье приводятся результаты исследования диспергирования пигментов красителя на примере фталоцианинов с использованием различных рабочих органов. Показано, что применение конфузорного ротора позволяет повысить эффективность диспергирования твердой фазы в системе жидкость-твердое тело.

Ключевые слова: диспергирование; конфузорный ротор; пигмент.

The article presents the results of the study of dispersion of dye pigments on the application of phthalocyanines with the use of various working organs. It is shown that the use of a confusor rotor can improve the efficiency of dispersion of the solid phase in the liquid-solid system.

Keywords: dispersion; confusor rotor; pigment.

Потребительские свойства текстильных изделий зависят от качества тканей и волокон используемых для их производства, а также от их отделки. Одной из важнейших отделочных операций является крашение. Качество пигментных красильных материалов зависит от степени их дисперсности. Чем меньше размер частиц красителя и чем больше набухает волокно, тем скорее частицы красителя проникают в толщу волокна. Существенное влияние на получение стойких красителей и пигментов оказывает технология производства и используемое при этом технологическое оборудование [1].

Наиболее энергоемким процессом получения красителей является диспергирование пигментов. Под диспергированием понимается разрушение агломератов и агрегатов пигментов и в обеспечении полного смачивания поверхности пигмента жидкой средой красящего материала, что предотвращает флокуляцию пигмента.

В данной работе представлены результаты исследования влияния конструктивных особенностей устройств предназначенных для интенсификации процесса диспергирования на гранулометрический состав твёрдого материала.

Исследования по определению эффективности различных смесителей проводились на специально разработанной экспериментальной установке (рис. 1).

Экспериментальная установка представляет собой рабочий орган 1 (диаметр $d=150$ мм), закрепленный на вертикальном валу 3, находящийся в сосуде 2 (диаметр $D=250$ мм). Вал 3 приводится в движение электродвигателем постоянного тока 4, что позволяет плавно изменять частоту вращения рабочих органов перемешивающего устройства при помощи регулятора напряжения 6. Контроль частоты вращения рабочих органов выполнялось электронным тахометром 5. В качестве сменных рабочих органов в исследовании применялись пропеллер, конфузорный ротор и рама (рис. 2) [2,3].

Размеры частиц определялись при помощи микроскопического метода. Микроскоп оснащался камерой, которая фиксировала отобранную пробу, и далее фотография обрабатывалась, и определялись истинные размеры частиц пигмента.

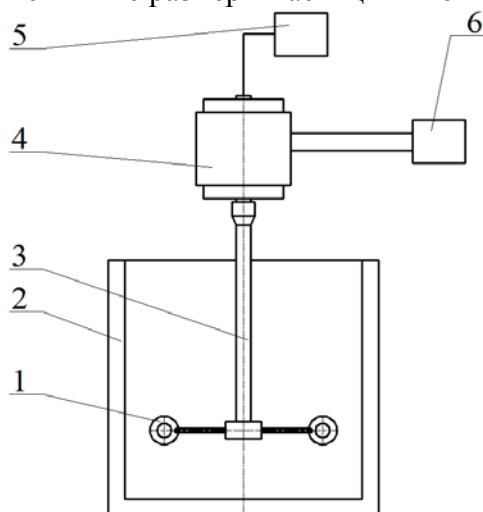


Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки:
1 – рабочий орган; 2 – сосуд; 3 – вал; 4 – электродвигатель; 5 – тахометр;
6 – регулятор напряжения

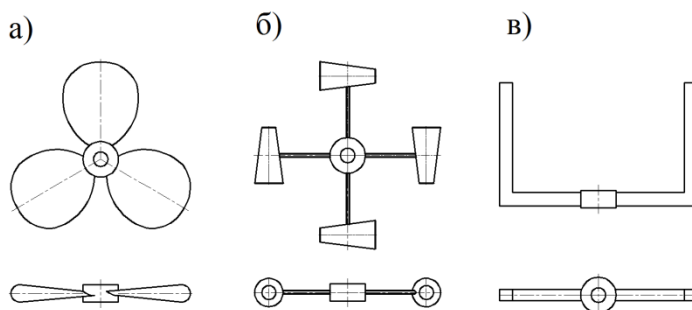


Рис. 2. Рабочие органы, используемые в эксперименте:
а) пропеллер; б) конфузорный ротор; в) рама

Результаты исследования диспергирования частиц пигмента фталоцианина меди приведены на рис. 3 – 5.

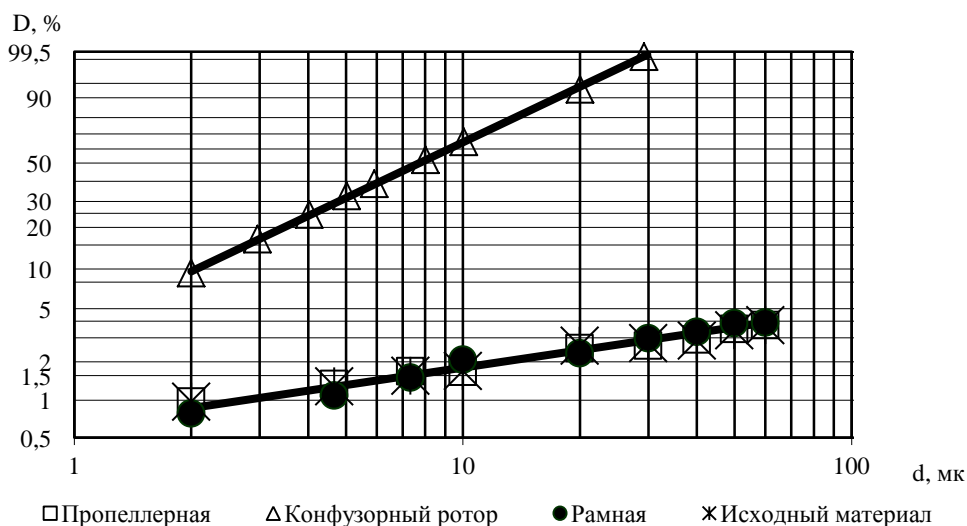


Рис. 3. Влияние типа ротора на гранулометрический состав пигмента (n=500 об/мин)

Приведенные экспериментальные результаты показывают, что применение пропеллерной и рамной мешалок приводит к смешиванию компонентов системы без изменения гранулометрического состава (рис. 3). При использовании конфузорного ротора происходит интенсивное перемешивание суспензии с одновременным диспергированием частиц пигмента.

Кроме того, было исследовано влияние частоты вращения конфузорного ротора на гранулометрический состав пигмента (рис. 4).

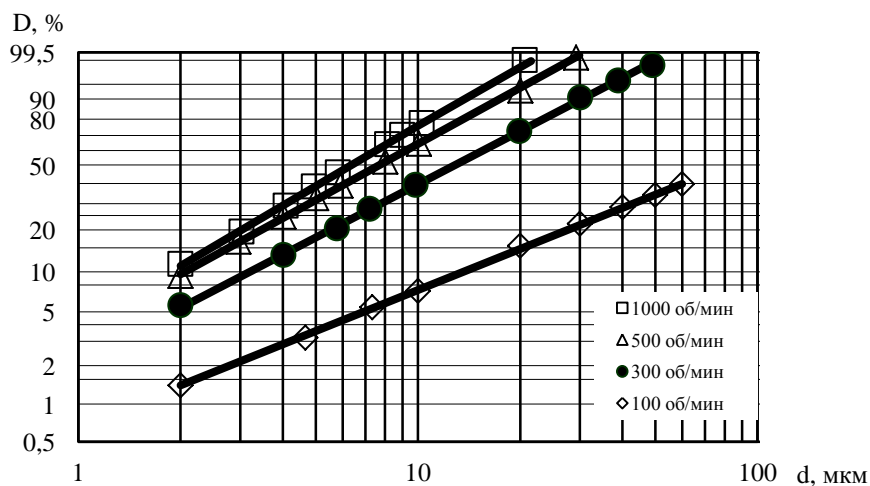


Рис. 4 – Влияние частоты вращения конфузорного ротора на гранулометрический состав пигмента

Из приведенного графика видно, что интенсивность диспергирования зависит от числа оборотов ротора. С увеличением частоты вращения ротора значительно возрастает скорость гидравлического удара вытекающей струи из сопла конфузора, а возникающий градиент скоростей приводит к диспергированию частиц пигмента.

Исследован также процесс диспергирования, при котором в корпус мешалки были установлены неподвижные отражательные перегородки сложной конфигурации (рис. 5).

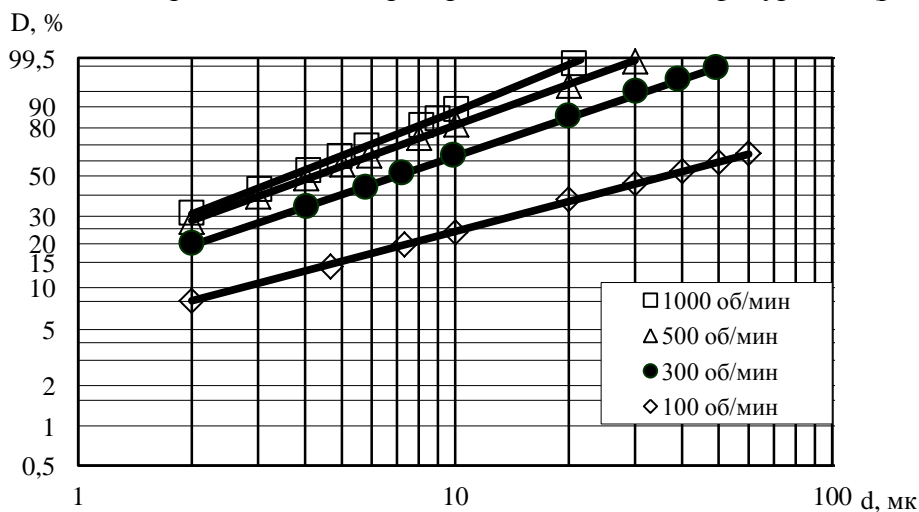


Рис. 5 – Влияние частоты вращения конфузорного ротора на гранулометрический состав пигмента в аппарате с перегородками

Неподвижные перегородки в корпусе мешалки были установлены таким образом, чтобы вектор выходящей скорости струи был под прямым углом. Именно при такой установке наблюдается наибольшая интенсивность диспергирования твёрдых частиц.

Результаты исследования показали, что наличие таких перегородок приводит к увеличению интенсивности диспергирования твёрдых частиц на 30%.

Таким образом, применение конфузорного ротора позволяет повысить эффективность диспергирования частиц пигмента, предотвращая его флокуляцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевникова, Л.В. Методика подбора переплетения в продольных полосах ткани с условием обеспечения стабильного протекания процесса ткачества / Л.В. Кожевникова, Т.Ю. Карева, С.О. Кожевников // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, №3 (369), 2017. с. 145-148.
2. Ладаев, Н.М. Исследование влияния рабочих органов перемешивающего устройства на время гомогенизации / Н.М. Ладаев, С.О. Кожевников, Е.В. Жбанова, Ф.О. Герасимов // Инженерные и социальные системы: сб. науч.тр. инж-строит.ин-та ИВГПУ. – Иваново: ИВГПУ, 2017. – Вып. 2. с.16-23
3. Мешалка: пат. 2396108 Рос. Федерация. N 2009113919/15; заявл. 13.04.2009; опубл. 10.08.2010, Бюл. N 22. 5 с.

УДК 620.179.112

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

MODELING OF THERMAL OPERATING MODES OF ELECTRONIC COMPONENTS

Н.С. Зимин, О.В. Блинов, А.П. Никулин, А.А. Ратников
N.S. Zimin, O.V. Blinov, A.P. Nikulin, A.A. Ratnikov

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: Oleg_blinov@ro.ru

В статье продемонстрирована возможность исследования тепловых режимов работы электронных компонентов с помощью программы численного анализа Solid Works.

Ключевые слова: тепловая нагрузка; электронные компоненты; модель, система охлаждения, Solid Works .

The article demonstrates the possibility of studying the thermal regimes of robots of electronic components using the program of numerical analysis of Solid Works.

Keywords: thermal load; electronic components; model, cooling system, Solid Works.

Оптимальный тепловой режим теплонагруженных элементов радиоэлектронной аппаратуры продлевает её срок службы и увеличивает надежность устройства. Моделирование теплового режима работы электронных компонентов позволяет определить наиболее теплонагруженные области и дать оценку критичности их работы в зависимости от заводских характеристик. Это относится и к материнским платам, которые используются в микропроцессорной технике. Для оценки степени теплонагруженности элементов материнской платы нами было проведено моделирование теплового режима её работы, включающее в себя разработку 3D моделей материнской платы, процессора, общую сборку моделей, ряд этапов упрощающих расчетную модель, проведение расчетов в SolidWorks Flow Simulation. [1].

Для моделирования тепловых нагрузок, была спроектирована сборка состоящая из прямоугольной подложки, размерами 24,4 x 17,4 мм, в качестве материала электронных

компонентов задан кремний. В состав сборки входят три теплонагруженных элемента: процессор, южный и северный мост (рис.1). Общее время проведения термического анализа составляет 1800 секунд.

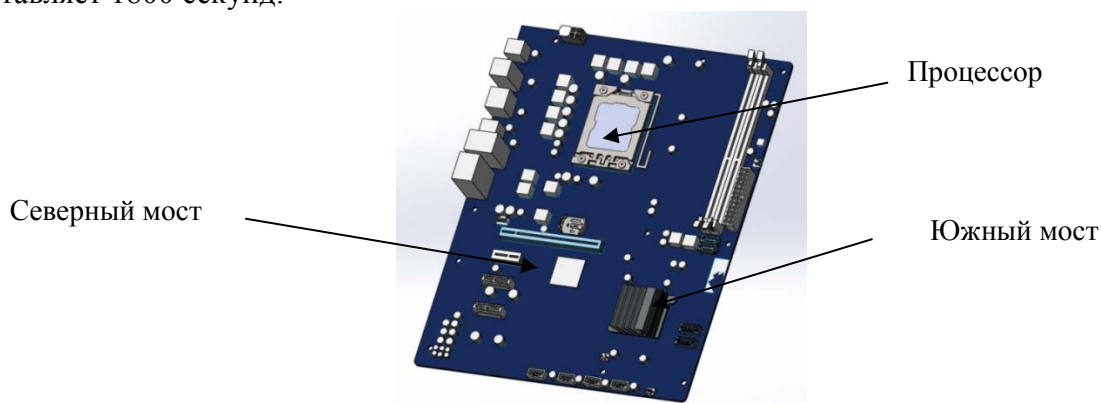


Рис.1. Модель материнской платы

Перед применением термических нагрузок необходимо рассчитать Требуемое значение воздушного потока. Величина воздушного потока необходимая для отвода требуемой тепловой мощности при заданном допустимом превышении температуры рассчитывается по формуле [2]:

$$Q_{CFM} = 1,76 * W / T_o , \quad (1)$$

Количество передаваемой теплоты при этом определяется основным уравнением теплопередачи для нестационарного режима:

$$T_o = T_c - T_a , \quad (2)$$

где: T_o – допустимое превышение температуры относительно окружающей среды или перегрев; T_a – температура окружающей среды (температура вне компьютерного корпуса); T_c – измеренная температура внутри компьютерного корпуса.

При этом $T_c = 20.85^{\circ}\text{C}$ (измеренная температура поверхности процессора); $T_o = 20^{\circ}\text{C}$; $\Delta t_{cp} = 0.85^{\circ}\text{C}$; $Q = 65\text{Вт}$; $F = 0.00140625 \text{ м}^2$; $\tau = 1800 \text{ сек}$

Из уравнения (1) следует:

$$h = Q_{\text{конвекции}} / (F \cdot \Delta t \cdot \tau) \quad (3)$$

$h=30 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ - значение соответствует: воздух, принудительная конвекция).

Для определения зависимости температуры от коэффициента теплопередачи в исследуемой модели, нами проведено моделирование режима работы теплонагруженных элементов, при разных значениях коэффициента конвективной теплопередачи. Результаты исследования представлены на рис. 2. Из графика видно, что при значениях коэффициента теплопередачи от $30 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ и больше, температура элементов стабилизируется, что подтверждает адекватность рассчитанного значения коэффициента теплопередачи.

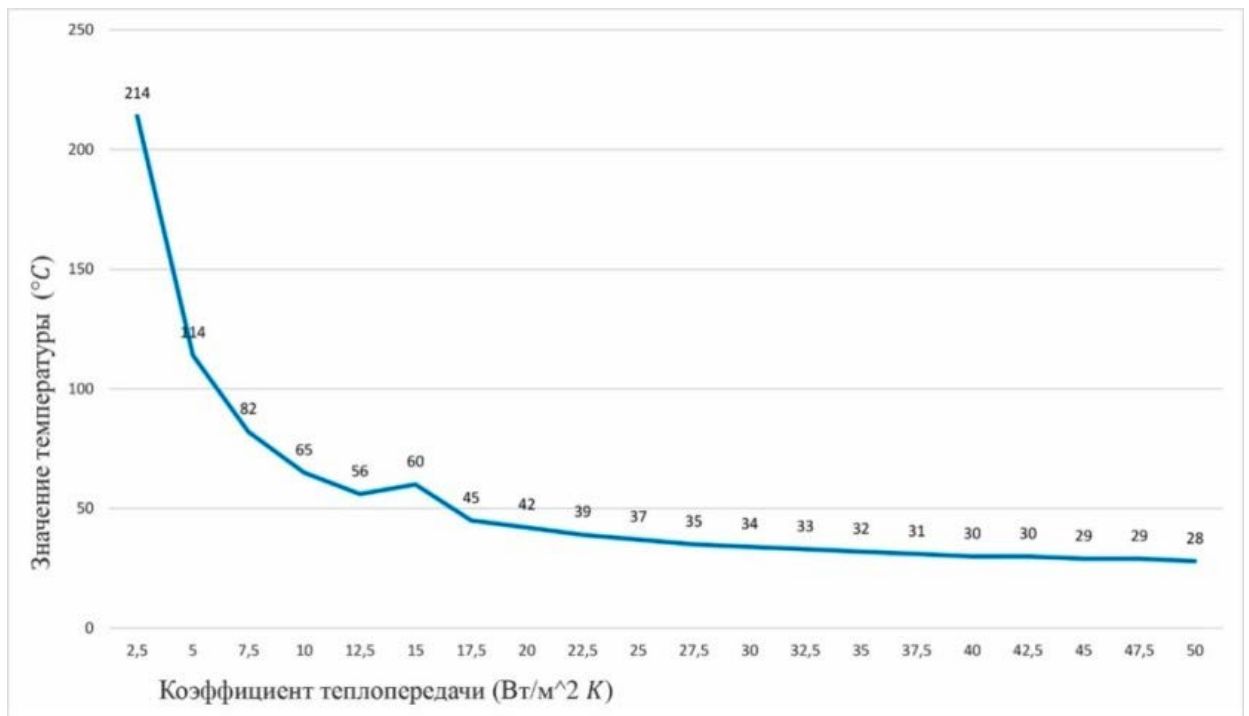


Рис.2 График зависимости температуры от коэффициента теплопередачи для исследуемой модели

Тепло из подложки рассеивается посредством конвекции. Коэффициент конвективной теплопередачи равен 30 Вт/м²К, а температура окружающей среды равна 20 °С. Начальная температура 0 °С

Чтобы гарантировать надлежащее охлаждение процессора, допустимое превышение температуры T_o не должно быть больше 5 ... 10°С.

Величина воздушного потока необходимая для отвода требуемой тепловой мощности при заданном допустимом превышении температуры рассчитывается по формуле:

$$Q_{CFM} = 1,76 * W / T_o, \quad (4)$$

где: Q_{CFM} – поток воздуха, требуемый для вывода тепловой мощности, CFM; (CFM – cubic feet per minute (кубический фут в минуту)); W – мощность процессора, Вт; T_o – допустимый перегрев, °С;

$$W = 65 \text{ Вт}$$

$$T_o = 24.577 - 20 = 4.577 \text{ °С}$$

$$Q_{CFM} = 1,76 * 65 * 4.577 = 24,99 \text{ CFM.}$$

Требуемое значение воздушного потока, соответствует заявленным характеристикам системы охлаждения для процессора Intel Original Cooler.

Для проведение термического исследования приняты следующие исходные данные (табл.1 и табл. 2):

Таблица 1

Тепловая мощность теплонагруженных элементов

Наименование	Мощность
Процессор	65 Вт
Северный мост	10 Вт
Южный мост	5 Вт

Основные характеристики кремния

Теплопроводность	124 W/(m.K)
Массовая плотность	2330 kg/m ³

Поток воздуха требуемый для вывода тепловой мощности $Q_{CFM} = 24,99$ CFM.

После задания всех начальных условий в программе SolidWorks Flow Simulation был произведен расчет распределения температурных полей на материнской плате. Результаты проведенного анализа приведены на рис. 3

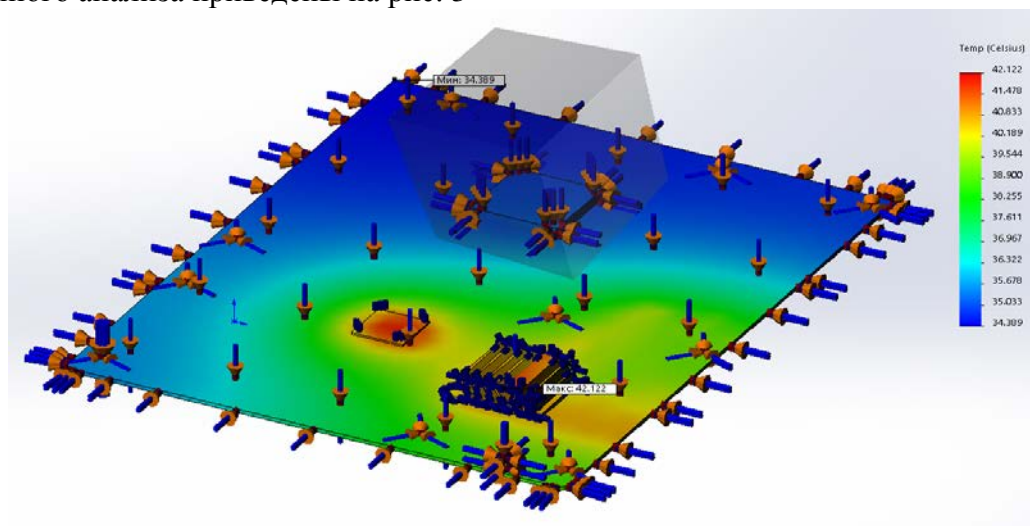


Рис.3. Результаты термического анализа модели

Полученные значения позволяют произвести выбор системы воздушного охлаждения, а также оценить степень теплонагруженности элементов платы, а также возможные тепловые деформации платы.

В ходе проведенной работы выполнено моделирование теплового режима работы микропроцессорных компонентов на материнской плате в результате проведенной работы нами была продемонстрирована возможность исследования тепловых режимов работы электронных компонентов с помощью программы численного анализа Solid Works.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алямовский, А. А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике // А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов, А. И. Харитонович, Н. Б. Пономарев. – СПб.: БВХ-Петербург. 2008. – 1040 с.
2. Комплексный подход к охлаждению и снижению общего шума работающего компьютера. ВЕРСИЯ № 3 Оренбург [Электронный ресурс] – <http://remprof56.ru/ckfinder/userfiles/files/>
3. Комков А.В. Исследование теплового режима работы материнской платы // А.В. Комков, И.А. Суворов, О.В. Блинов, Е.Е. Корочкина. Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2018. № 1 (1). С. 150-151.

**ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ АЦЕТАТОТИТАНИЛА БАРИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО
МОДИФИЦИРОВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА**

**ZOL-GEL SYNTHESIS OF BARIUM ACETATATHYTANANE FOR THE SURFACE
MODIFICATION OF FIBER MATERIALS BASED ON THE BASE OF POLYETHYLENE
TEREPHTHALATE**

К.В.Иванов
K.V. Ivanov

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (Иваново)
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences, (Ivanovo)
E-mail: ivk@isc-ras.ru

В работе представлен золь-гель синтез наноразмерного порошка ацетатотитанила бария и продуктов его термической обработки. Полученный материал $BaTiO(CH_3COO)_4$ был охарактеризован рядом физико-химических методов исследования. По результатам рентгенофазового анализа был установлен фазовый состав порошка в процессе его термической эволюции. Результаты ИК - спектроскопии и термического анализа позволили предположить, какие органические соединения удаляются в процессе отжига. Изучены диэлектрические спектры суспензий полученных материалов.

Ключевые слова: золь-гель, синтез, порошок, диэлектрика, ацетатотитанил бария, титанат бария.

Sol-gel synthesis of nano-sized barium acetanitanil powder and products of its heat treatment is presented. The obtained material $BaTiO(CH_3COO)_4$ was characterized by a number of physicochemical methods of investigation. Based on the results of X-ray phase analysis, the phase composition of the powder was established during its thermal evolution. The results of IR spectroscopy and thermal analysis allowed us to guess which organic compounds are removed during the annealing process. The dielectric spectra of suspensions of the obtained materials are studied.

Key words: sol-gel, synthesis, powder, dielectric, barium acetanitanil, barium titanate.

ВВЕДЕНИЕ

Волокна на основе полиэтилентерефталата (далее полиэфирные или ПЭФ) занимают главенствующие позиции среди всех видов волокнистого сырья, включая хлопок. С послекризисного 2008 г. производство ПЭФ волокнистых материалов в мире растет, в среднем, на 10 % в год и, по прогнозам, к 2020 г. достигнет 70 млн. т в год [1]. В России за последние 5 лет производство ПЭФ волокон также увеличилось более чем в 1,6 раза и продолжает активно развиваться [2]. При этом растет потребность в расширении ассортимента ПЭФ волокнистых материалов, придании им улучшенных качественных характеристик и новых, ранее не присущих свойств, чего можно добиться за счет модифицирования волокон [3]. Известно, что многие свойства волокнистых материалов (способность к переработке, адгезионные, прочностные и фрикционные характеристики, смачиваемость и т.д.) определяются свойствами их поверхности. В связи с этим одним из основных подходов к направленному изменению свойств волокнистых материалов является их поверхностная модификация, в том числе, формирование на поверхности ПЭФ волокон устойчивых покрытий с заданными свойствами посредством использования зольей наночастиц, или, иначе, нанозольей.

Нанозоли представляют собой коллоидные растворы частиц нанометрового размера в водных или органических растворителях. Из-за очень высокой площади поверхности таких частиц нанозоли метастабильны, что, по мнению некоторых исследователей, приводит в процессе удаления растворителя к образованию трехмерной сетчатой структуры. Диаметры частиц нанозольей составляют от нескольких нанометров до 100 нм. Частицы могут формировать покрытия, размеры которых лежат в интервале, начинающемся с

мономолекулярных пленок и заканчивающемся трехмерными объектами толщиной несколько сотен нанометров. Процесс формирования покрытий включает стадии синтеза наночастиц с использованием золь-гель процесса, осаждения частиц и сушки. Придаваемые волокнистому материалу при модифицировании характеристики определяются свойствами нанозолей.

Наиболее актуальными в настоящее время являются исследования, направленные на придание волокнистым материалам не одного, а целого комплекса новых свойств. В частности, пониженная электризуемость [5-9], фотокаталитические и антимикробные свойства [10, 11] могут быть обеспечены за счет использования оксидов металлов (чаще всего TiO_2) и материалов, обладающих высокой диэлектрической проницаемостью. Использование соединений, которые сочетают в себе как диэлектрические, так и фотокаталитические свойства, представляют большой интерес. Для решения данной задачи возможно использование ацетатотитанила бария (АТБ), который является предшественником титаната бария. BaTiO_3 широко используется в микроэлектронике, что обусловлено его высокой диэлектрической проницаемостью. Получение такого рода материалов осуществляется как твердофазными, так и жидкофазными методами синтеза. Среди жидкофазных методов выделяется золь-гель метод, позволяющий получать частицы с регулируемыми размерами. В процессе золь-гель синтеза в жидкофазных системах, содержащих прекурсоры оксидов титана и бария, формируются химические соединения, построенные по типу солей, являющиеся предшественниками для получения титаната бария в процессе термической обработки. Используя разнообразные прекурсоры диоксида титана и оксида бария, изменяя тип растворителя и pH реакционной среды, концентрацию реагентов, температуру, модифицируя реакционную систему полимерами и поверхностно-активными веществами, можно регулировать размер частиц, стехиометрию, однородность, степень кристалличности и тип кристаллической решетки получаемых интермедиатов, тем самым воздействуя на свойства конечного продукта.

Целью данной работы являлся синтез ацетатотитанила бария, исследование его физико-химических свойств в процессе термической обработки для последующего поверхностного модифицирования волокнистых материалов на основе полиэтилентерефталата.

В качестве исходных реагентов использовали: гидроксид бария $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, ледяную уксусную кислоту CH_3COOH , и буюксид титана $\text{Ti}[\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{CH}_3]_4$ с содержанием основного вещества не менее 99%. Все реагенты SIGMA-Aldrich.

Методика синтеза ацетатотитанила бария ($\text{BaTiO}(\text{CH}_3\text{COO})_4$) заключалась в следующем. 10г кристаллогидрата гидроксида бария при непрерывном перемешивании растворяли в безводной уксусной кислоте до образования прозрачного раствора, к которому по каплям добавляли 8г буюксида титана. Содержимое реакционной колбы выдерживали при постоянном перемешивании в течение часа. Через небольшой промежуток времени раствор из жидкого состояния переходил в прозрачный прочный гель. Высушиванием геля на воздухе при температуре 85°C до постоянной массы получали порошок белого цвета.

Как следует из данных рентгенофазового анализа термической эволюции соли $\text{BaTiO}(\text{CH}_3\text{COO})_4$, представленных на рис.1, формирование порошка титаната бария заканчивается при температуре 1200°C , при этом он имеет структуру перовскита с тетрагональной сингонией.

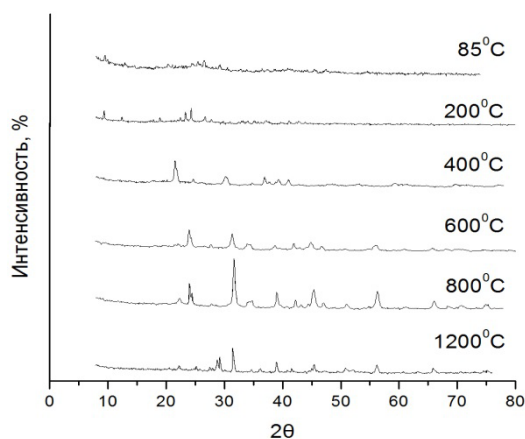


Рис.1 Рентгенофазовый анализ термической обработки $\text{BaTiO}(\text{CH}_3\text{COO})_4$

АТБ включает в своей структуре фазу титаната бария, формирование которой происходит до высокотемпературной обработки. В составе АТБ рентгенофазовый анализ идентифицирует так же диоксид титана в форме анатаза $2\theta = 18^\circ, 25^\circ, 26^\circ, 37,8^\circ, 38^\circ, 38,5^\circ, 48^\circ$, который при прокаливании переходит частично в фазу рутила $2\theta = 27^\circ, 39^\circ, 41,5^\circ$. Прокаливание материала приводит к переходу этих форм диоксида титана в титанат бария и образованию незначительного количества рутила, содержащегося в конечном продукте в виде примеси. Не полный переход диоксида титана в фазу титаната бария связан, по-видимому, с малым временем выдержки (30мин.) при 1200°C , и возможной нестехиометричностью исходной смеси.

ИК-спектры порошков синтезированных соединений снимали в матрице бромида калия на FTIR спектрометре Avatar.

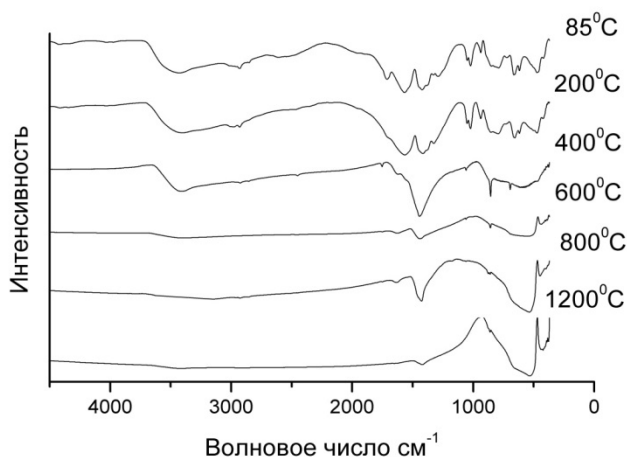


Рис. 2 ИК-спектры термической обработки $\text{BaTiO}(\text{CH}_3\text{COO})_4$

Представленные на рис.2 ИК – спектры АТБ достаточно сложные. С одной стороны, они отражают взаимодействие образования комплексов иона титана с ацетат-ионами. С другой - содержат вклады от присутствующих в системе ацетата бария, диоксида титана, его гидроксоформ, бутоксильных групп, образующихся при взаимодействии уксусной кислоты с буюксидом титана и молекул воды. Это отражают вклады в полосы поглощения соответствующих структурных элементов: Ba^{2+} , OH^- имеет полосы $1459, 1420$ и 1379 см^{-1} . Буюксид титана дает полосы $1458, 1429, 1371$ и 1362 см^{-1} . В спектральном диапазоне $4000\text{--}800\text{ см}^{-1}$, ИК поглощение при 1125 см^{-1} можно отнести к колебаниям связи $\text{Ti} - \text{O} - \text{C}$, при 948 см^{-1} к $\text{Ti} - \text{OH}$, а при 3390 см^{-1} к растяжению $-\text{OH}^-$ групп. CO_3^- ион имеет характерный абсорбционный пик при 1540 см^{-1} , а полоса 1461 см^{-1} характеризует асимметричные колебания при растяжении $\text{C} - \text{O}$ связи. Для ацетат-иона в зависимости от типа координации наблюдаются различия в положении максимумов поглощения симметричных (ν_s) и

антисимметричных(ν_A) колебаний C – O: в случае образования монодентатного ($\nu_S = 1295 \text{ см}^{-1}$ $\nu_A = 1720 \text{ см}^{-1}$), мостикового бидентатного($\nu_S = 1430 \text{ см}^{-1}$ $\nu_A = 1590 \text{ см}^{-1}$) и хелатного бидентатного комплексов ($\nu_S = 1470 \text{ см}^{-1}$ $\nu_A = 1550 \text{ см}^{-1}$). Интенсивная полоса поглощения при 650 см^{-1} характеризует колебания связи Ti-O-Ti. Колебания связи Ba – O отражены полосой при 474 см^{-1} . Термическая обработка при $1200 \text{ }^\circ\text{C}$, преимущественно, характеризует полосы, отвечающие колебаниям групп BaTiO₃.

Термический анализ проводили на модифицированном дериватографе 1000D MOM (Венгрия) с компьютерной регистрацией результатов. В качестве вещества сравнения использовали порошок α -Al₂O₃.

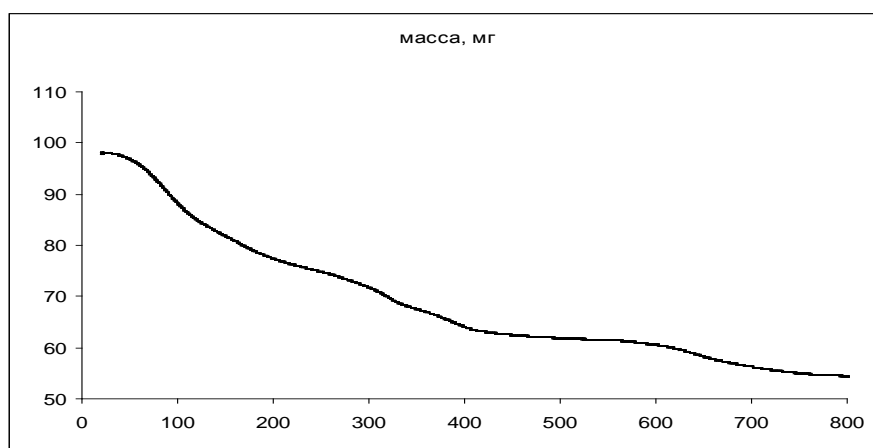


Рис. 3 Термограмма АТБ

Кривые термогравиметрического анализа ацетатотитанила бария (рис. 3) характеризуются наличием трех ступеней, связанных с изменением массы образца. В целом они отражают различные процессы. Так нагрев АТБ до температуры порядка $200 \text{ }^\circ\text{C}$ сопровождается убылью массы, которая связана с удалением остатков влаги и разложением ацетата бария на карбонат бария, который так же удаляется при нагревании. Участок кривой от $250 \text{ }^\circ\text{C}$ до $450 \text{ }^\circ\text{C}$ отражает убыль массы, связанную с разложением комплексов буюксида титана с уксусной кислотой до диоксида титана и продуктов деструкции органических соединений. Последующее изменение массы на участке кривой ТГ при температурах $450 - 800 \text{ }^\circ\text{C}$, вероятно, характеризует термическую декомпозицию карбоната бария, присутствующего в материале виде промежуточного продукта и образование непосредственно титаната бария.

Электронно-микроскопический снимок порошка, выполненный с помощью электронного микроскопа ЭМВ 100Л, показал (рис. 4), что частицы порошка полидисперсные и имеют округлую форму. Размер частиц АТБ составляет $80-100 \text{ нм}$.

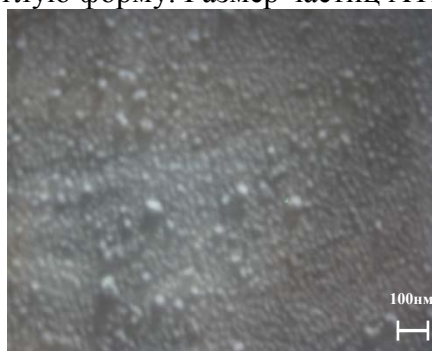


Рис.4 Электронно-микроскопический снимок АТБ

Диэлектрические спектры 30% суспензий порошков полученных материалов измеряли в цилиндрической ячейке конденсаторного типа при $T=293\text{K}$ с помощью измерителя иммитанса E7-20 в области частот от 25 до 1×10^6 Гц.

Зависимости ϵ и $\text{tg}\delta$ 30% суспензий полученных материалов в силиконовом масле ПМС-20 от частоты электрического тока приведены на рис. 5. Учитывая, что ϵ и $\text{tg}\delta$ ПМС-20

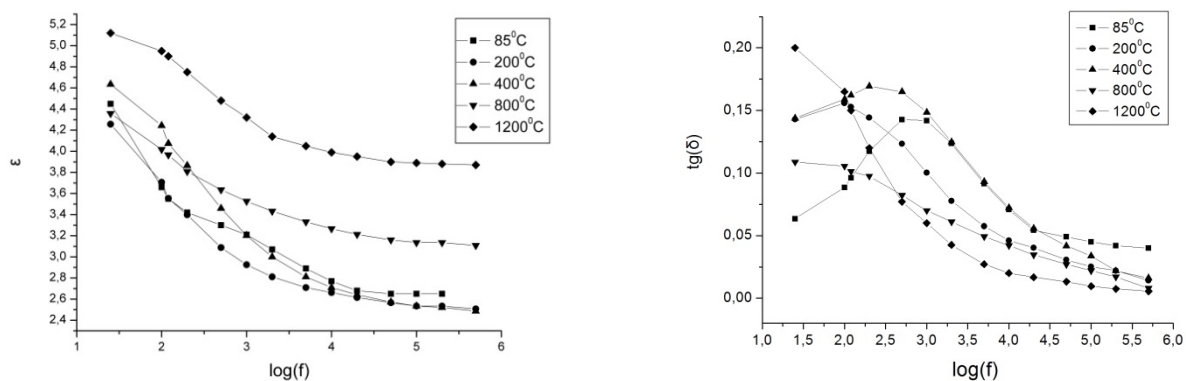


Рис. 5 Зависимость диэлектрической проницаемости (ϵ) и тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) суспензий порошков (30%) от частоты электрического тока

(соответственно 2,3 и 0,0003) практически не изменяются от частоты электрического тока в изученном интервале частот, наблюдаемые зависимости связаны с поляризацией материала наполнителя. Частотные зависимости ϵ и $\text{tg}\delta$ для суспензии порошка АТБ показывают релаксационный характер диэлектрического спектра с временем релаксации порядка 10^{-3} с. Релаксационный характер зависимости тангенса угла диэлектрических потерь суспензии АТБ при 85°C связан с межфазной поляризацией, возникающей в частичках материала наполнителя в результате присутствия в его структуре наряду с неорганической, большой доли органической фазы. Отсутствие релаксационного максимума при 200°C , по видимому, вызвано удалением части как органических включений так и адсорбционно связанной воды с поверхности образца. Наблюдаемая при 400°C релаксация на кривой $\text{tg}\delta$, вероятно, связана с выходом на поверхность материала как органической фазы, так и химически связанной воды.

На частотной зависимости диэлектрической проницаемости с ростом температуры отжига наблюдается рост диэлектрической проницаемости суспензий, что связано, с увеличением степени кристалличности фазы титаната бария и удаление как воды, так и органической фазы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенштейн Э.М., Клепиков Д.Н. Полиэфирные волокна: сегодня и завтра // Технический текстиль. 2017. № 37. С. 26 – 34.
2. Пророкова Н.П., Киселев М.Г., Савинов В.С. и др. Основные направления и концепции развития производства и модификации отечественных химических волокон // Научно-производственное партнерство: взаимодействие науки и текстильных предприятий и новые сферы применения технического текстиля. – М.: Изд-во «БОС», 2018. – С. 274 -286.
3. Сабаев И.Г., Керницкий В.И., Пирог Н.И. Новое высокоэффективное производство полиэфирных штапельных волокон и методы их модификации с учетом перспективных направлений научных разработок // Научно-производственное партнерство: взаимодействие науки и текстильных предприятий и новые сферы применения технического текстиля. – М.: Изд-во «БОС», 2018. – С. 287-294.
4. Li S., Huang J., Chen Z., Chen G., Lai Y. A review on special wettability textiles: theoretical models, fabrication technologies and multifunctional applications // J. Mater. Chem. A. 2017. V. 5. P. 31-55.

5. EURATEX (with the support of TEXTRANET and AUTEX): Research Priorities Proposed by the 9 Thematic Expert Groups, EURATEX internal document, May 2006.
6. EURATEX: European Technology Platform - Horizontal Task Group – Innovation and Standards, Draft Scoping Paper, EURATEX internal document, May 2006. The strategic agenda is available for download at www.textile-platform.org.
7. Xia F., Jiang L. Bio-Inspired, Smart, Multiscale Interfacial Materials // Adv. Mater. 2008. V. 20. P. 2842–2858.
8. Mahltig B., Textor T. Nanosols and Textiles. World Scientific Publishing Co. Pte.Ltd., 2008.224 p.
9. Schottner G. Hybrid Sol-Gel-Derived Polymers: Applications of Multifunctional Materials // Chem. Mater. 2001. V. 13, P. 3422-3455.
10. MacKenzie J.D. Sol-gel research – achievements since 1981 and prospects for the Future // J. Sol-Gel Sci. Techn. 2003. V.26. P.23–27.
11. Daoud W.A., Xin J.H. Low Temperature Sol-Gel Processed Photocatalytic Titania Coating // J. Sol.-Gel. Sci. Technol. 2009. V.29. P. 25-29.

УДК 677.494.674: 546.824-31

ПРИДАНИЕ ПОЛИЭФИРНЫМ ТКАНЯМ СПОСОБНОСТИ К САМООЧИЩЕНИЮ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ И БАКТЕРИЙ¹

POLYESTER FABRICS ADMISSIBILITY TO SELF-CLEANING FROM ORGANIC POLLUTION AND BACTERIA

К.А. Ерзунов^{1,2}
K.A. Erzunov^{1,2}

¹Ивановский государственный химико-технологический университет

²Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук
(г. Иваново)

¹Ivanovo State University of Chemistry and Technology

²G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science (Ivanovo)

E-mail: erzunovk@mail.ru

Представлен способ формирования на полиэфирной ткани покрытия на основе наноразмерных частиц диоксида титана в форме анатаза, синтезированного золь-гель методом, а также диоксида титана, допированного частицами железа и серебра. Проведена оценка фотохимических свойств модифицированной ткани и устойчивости покрытия к эксплуатационным воздействиям. Исследована способность модифицированной ткани подавлять жизнедеятельность болезнетворных микроорганизмов.

Ключевые слова: наноразмерный диоксид титана, полиэфирная ткань, фотохимические свойства, антибактериальные свойства.

The method of forming a coating on a polyester fabric based on nanoscale titanium dioxide particles in the form of anatase synthesized by a sol-gel method as well as titanium dioxide doped with iron and silver is presented. The choice of the method of preliminary tissue activation is substantiated. A technique for estimating the photochemical properties of the modified tissue and the resistance of the coating to operational influences is described. The ability of the modified tissue to inhibit the vital activity of pathogenic microorganisms has been studied by various methods.

Keywords: nano-sized titanium dioxide; polyester fabric; photochemical properties; preliminary, antibacterial properties.

¹ Работа выполнена под руководством д.т.н., гл.н.сотр. ИХР РАН Пророковой Н.П. и к.т.н., н.с. ИХР РАН Кумеевой Т.Ю.

В настоящее время весьма популярными являются материалы со способностью к самоочищению. В частности, сформировалась потребность в самоочищающихся текстильных материалах, в первую очередь, полиэфирных. Придания полиэфирным тканям способности к самоочищению можно достичь за счет формирования на их поверхности ультратонкого устойчивого покрытия с фотокаталитическими свойствами. Одним из наиболее перспективных путей решения этой задачи является нанесение на ткань наноразмерного кристаллического диоксида титана в форме анатаза, обладающего высокой фотокаталитической активностью. На первом этапе процесса самоочищения под воздействием УФ-облучения в зоне проводимости появляется электрон, оставляющий дырку в валентной зоне. На втором этапе электрон и дырка реагируют с адсорбированными веществами-загрязнителями с образованием нестабильных радикалов, которые, в свою очередь, разлагаются с образованием углекислого газа и воды.

Настоящая работа является продолжением проводимых в ИХР РАН исследований, посвященных разработке способа модифицирования полиэфирной (ПЭФ) ткани наноразмерным диоксидом титана (далее – TiO_2), который позволил бы получить покрытие, обладающее самоочищающимися и антибактериальными свойствами [1,2].

Известно, что диоксид титана существует в виде трех полиморфных форм: анатаза, рутила и брукита. Наибольшую активность в фотостимулированных каталитических и фотоэлектрических реакциях проявляет анатазная модификация, что объясняется более высоким положением уровня Ферми у анатаза (3,3 – 3,4 эВ) по сравнению с рутилом (3,1 – 3,2 эВ) [3]. В связи с этим для модифицирования ПЭФ ткани был использован наноразмерный TiO_2 в форме анатаза, полученный в виде геля гидролизом тетраизопропилата титана в водной среде в присутствии 0,1 М азотной кислоты [4,5]. Однако, поскольку модифицированная таким образом ПЭФ ткань не приобретает способности ингибировать жизнедеятельность микроорганизмов для повышения фотохимической активности ПЭФ ткани, также использовали наночастицы TiO_2 , допированного железом и серебром. Получение TiO_2 , допированного наночастицами Fe_3O_4 , осуществляли в одну стадию путем смешения двух растворов под действием ультразвука [4 6]. Первый был получен в процессе пептизации Fe_3O_4 в 0.1 М растворе концентрированной HNO_3 при перемешивании и нагревании, приготовление второго раствора описано выше. Синтез TiO_2 , допированного частицами Ag, также осуществляли в одну стадию путем смешения двух растворов под действием ультразвука. Первый был получен в процессе пептизации AgNO_3 в 0.1 М растворе концентрированной HNO_3 при перемешивании и нагревании, приготовление второго раствора описано выше. Нанесение на ПЭФ ткань суспензии, содержащей TiO_2 , производили методом погружения в раствор с последующей сушкой при температуре 40⁰С. Концентрацию суспензии регулировали таким образом, чтобы на ткани содержалось 8 г/м² TiO_2 .

Суспензию TiO_2 наносили на ткань, подвергнутую предварительной активации. На основании предварительных экспериментов для активации ПЭФ ткани перед модификацией TiO_2 были выбраны обработка раствором гидроксида натрия (химическая активация) [7]. Для химической активации ПЭФ ткани её обрабатывали раствором гидроксида натрия (NaOH) концентрации 3,75 г/л при температуре 100 °С в течение 20 мин.

О фотохимической активности модифицированной ткани судили по степени обесцвечивания нанесенной на её поверхность капли раствора красителя при воздействии ультрафиолетового (УФ) излучения в интервале 5 – 250 мин. Среди ряда красителей, традиционно используемых для исследования фотохимической активности катализаторов, был выбран эозин (тетрабромфлуоросцеин), который позволяет минимизировать ошибку эксперимента, поскольку он мало адсорбируется диоксидом титана [8] и совсем не адсорбируется ПЭФ тканью. Источник УФ-излучения - лампа типа VL-6 LC (фирма “Vilber Lourmat”) мощностью 6 Вт с максимумом излучения при 365 нм.

Эффективность фотокаталитического действия модифицированной ткани оценивали колориметрическим методом - по уменьшению интенсивности окраски капли индикатора,

нанесенного на ткань, которую определяли после воздействия на образец дозированного УФ-излучения. Интенсивность окраски капли, нанесенной на образец, количественно оценивали по её цветовым различиям, которые измеряли с использованием цветоизмерительного комплекса, оснащенного программой «Колорист» (версия 4.2.1994, 99 г., авторы Побединский В.С., Телегин Ф.Ю., Данилин И.А.). В качестве примера на рис. 1 приведены графические зависимости цветовых различий ПЭФ ткани с нанесенной на поверхность каплей эозина, от продолжительности УФ-облучения.

Устойчивость эффекта фотохимической активации ПЭФ ткани к трению и стирке оценивали по изменению фотохимической активности модифицированной ПЭФ ткани, подвергнутой 10-кратному истирающему воздействию на приборе ТП [9] или стирке в автоматической стиральной машине по стандартному режиму для смесовых и синтетических тканей (с моющим средством при температуре 40° С и последующей сушке на воздухе) [9].

В качестве примера на рис. 2 приведены графические зависимости, отражающие влияние на цветовые различия ПЭФ ткани с нанесенной на поверхность каплей эозина, эксплуатационных воздействий.

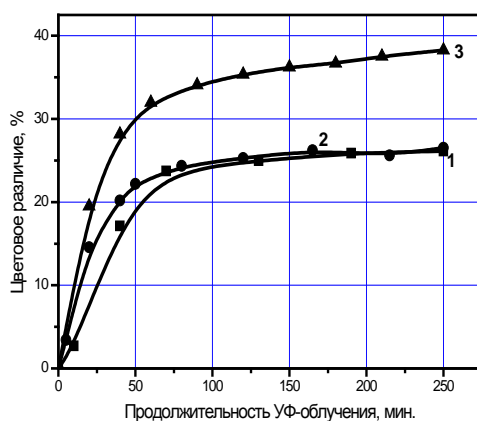
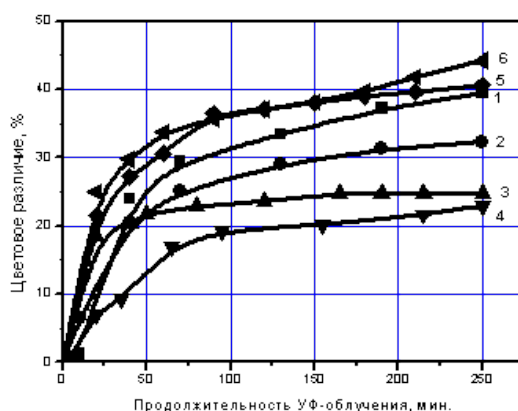
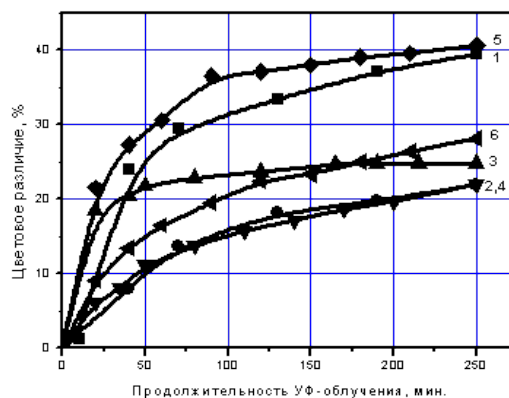


Рис. 1. Цветовые различия по эозину для ПЭФ ткани, предварительно активированной раствором NaOH концентрации 3.75 г/л после модификации наночастицами: 1 - TiO₂, 2 - TiO₂, допированными железом; 3 - TiO₂, допированными серебром



а



б

Рис. 2. Влияние на цветовые различия по эозину эксплуатационных обработок ПЭФ ткани, модифицированной $8 \text{ г/м}^2 \text{ TiO}_2$ после активирования: а - влияние трения на фотохимическую активность ПЭФ ткани, подвергнутой активированию NaOH и обработкой модификатором: 1 – TiO_2 ; 2 – TiO_2 с последующим трением; 3 – TiO_2/Fe ; 4 – TiO_2/Fe с последующим трением; 5 – TiO_2/Ag ; 6 – TiO_2/Ag с последующим трением; б - Влияние стирки на фотохимическую активность ПЭФ ткани, подвергнутой активированию NaOH и обработкой модификатором: 1 – TiO_2 ; 2 – TiO_2 с последующей стиркой; 3 – TiO_2/Fe ; 4 – TiO_2/Fe с последующей стиркой; 5 – TiO_2/Ag ; 6 – TiO_2/Ag с последующей стиркой

Известно, что использование наночастиц TiO_2 позволяет не только обеспечивать деструкцию органических загрязнений, но и эффективно ингибировать жизнедеятельность патогенных бактерий при облучении светом видимого и УФ-диапазонов [10,11]. Однако эффективно воздействовать на бактерии может только достаточно большое количество указанных наночастиц, тогда как в настоящем исследовании концентрация наночастиц TiO_2 на поверхности ПЭФ ткани невелика. Это сделало необходимым оценку влияния модифицированного волокнистого материала на жизнедеятельность патогенных микроорганизмов. Её проводили с использованием типичных тестовых культур: *Staphylococcus aureus* 6538-P ATCC=209-P FDA - золотистый стафилококк (далее *S. aureus*) и *Escherichia coli* штамм М-17 - кишечная палочка (далее *E. coli*) – соответственно *грам*-положительная и *грам*-отрицательная патогенные бактериальные культуры, *Candida albicans* ССМ 8261 (ATCC 90028) - кандиды альбиканс (далее – *C. albicans*) - дрожжеподобные условно патогенные микроскопические грибы. Для этого применяли так называемый «счетный» тест, который основан на подсчете количества колоний микробов, образующихся при 24-часовом контакте стандартной навески модифицированного волокнистого материала с физиологическим раствором, в который введено определенное количество колоний микробов [12]. Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

Способность ПЭФ ткани с покрытием на основе TiO_2 ингибировать жизнедеятельность болезнетворных бактерий

Состав покрытия модифицированной ПЭФ ткани	Рост (+) или ингибирование (-) патогенных культур, %		
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>C. albicans</i>
Наночастицы TiO_2	+ 31	+ 63	+ 83
Наночастицы TiO_2 , допированного железом	- 27	+ 53	+ 61
Наночастицы TiO_2 , допированного серебром	- 50	+ 35	+ 8

Из таблицы следует, что ПЭФ ткань с покрытиями на основе TiO_2 не оказывает инактивирующего действия на *грам*-положительные бактерии и условно-патогенные грибы рода *Candida*. Однако при переходе от покрытия на основе наночастиц недопированного TiO_2 к покрытиям, сформированным наночастицами TiO_2 , допированными железом и серебром, модифицированная ПЭФ ткань приобретает способность инактивировать *грам*-отрицательные бактерии. Эти бактерии, как показано в работе [13], обладают более высокой, по сравнению с *грам*-положительными бактериями, чувствительностью по отношению к патофизиологическому воздействию активных радикалов, генерируемых при УФ-облучении. Указанная чувствительность определяется, в первую очередь, особенностями строения клеточных стенок бактерий [13]. Как видно из таблицы, значительно более высокую биоцидную активность по отношению к *E. coli* проявляют ткани, модифицированные наночастицами TiO_2 , допированными серебром, что хорошо коррелирует с выводами авторов работ [14,15], которые исследовали свойства этих наночастиц.

Таким образом, установлено, что ПЭФ ткань, модифицированная допированными металлами наночастицами TiO_2 , приобретает способность инактивировать *грам*-отрицательные бактерии. Следует отметить, что лучшие биоцидные свойства проявляет ПЭФ ткань, модифицированная наночастицами TiO_2 , допированными серебром, которая, как показали исследования, обладает наиболее высокой фотохимической активностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Агафонов А.В., Иванов В.К. Модифицирование полиэфирной ткани наноразмерным диоксидом титана с целью придания фотоактивности // Перспективные материалы. – 2017. - № 1. – С. 19-29
(Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Agafonov A.V., Ivanov V.K. Modification of Polyester Fabrics with Nanosized Titanium Dioxide to Impart Photoactivity // Inorganic Materials: Applied Research. – 2017. - Vol. 8, No. 5. - P. 696 – 703.)
2. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Холодков И.В. Фотохимическая активность полиэфирных тканей, модифицированных наноразмерным диоксидом титана, допированным металлами // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2017. - № 10. – С. 2 – 8.
3. Hurum D.C., Agrios A.G., Crist S.E., Gray K.A., Rajh T., Thurnauer M.C. Probing reaction mechanisms in mixed phase TiO_2 by EPR // J. Electron Spectrosc. - 2006. - V. 150. - P. 155-163.
4. Агафонов А.В., Виноградов А.В. // Каталитически активные материалы на основе диоксида титана. Пути повышения фотокаталитической активности // Химия высоких энергий. - 2008. - Т. 42, № 7. - С.79–81.
5. Agafonov A.V., Vinogradov A.V. Sol-gel synthesis, preparation and characterization of photoactive TiO_2 with ultrasound treatment. // J. Sol-Gel Science and Technology. - 2009. - V. 49. - P. 180–185.
6. Gerasimova T.V., Vinogradov A.V., Vinogradov V.V., Agafonov A.V. Low-temperature s Sol-gel synthesis of nanosized pseudobrookite crystals without heat treatment // J. Alloys. Compd. - 2012. - V. 535. - P. 102-107.
7. Пророкова Н.П., Хорев А.В., Вавилова С.Ю. Химический способ поверхностной активации волокнистых материалов на основе полиэтилентерефталата. Часть 1. Исследование действия растворов гидроксида натрия и препаратов на основе четвертичных аммониевых солей // Хим. Волокна. - 2009. - №3. – С. 11-16.
8. Халявка Т.А., Шимановская В.В., Стрелко В.В., Капинус Е.И. Фотокаталитическая активность диоксида титана в процессах деструкции метиленового гособого и тетрахлорфлуоресцеина в водных растворах // Теорет. и эксперим. химия. - 2001. - Т. 37, № 1. - С. 53 – 57.
9. Красители для текстильной промышленности // под ред. А.Л. Бяльского, В.В. Карпова. М.: Химия, 1971. - 312 с.

10. Robertson J.M.C., Robertson P.K.J., Lawton L.A. A comparison of the effectiveness of TiO₂ photocatalysis and UVA photolysis for destruction of three pathogenic microorganisms // J. Photochem. Photobiol. A: Chem. - 2005. - V. 175, № 1. - P. 51-56.
11. Prasad G.K., Agarwal G.S., Singh Beer, Rai G.P., Vijayaraghavan R. [Photocatalytic inactivation of Bacillus anthracis by titania nanomaterials](#) // J. Hazard. Mater. - 2009. - V. 165. -P. 506 – 510.
12. ASTM E2149 - 10 Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions. USA, 2001.
13. Антоновская Л.И., Скорб Е.В., Уласевич С.А., Свиридов Д.В., Беясова Н.А. Фотокаталитическая и фотобиоцидная активность композитных пленок на основе наноструктурного диоксида титана // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2008, № 2. - С. 3-8.
14. Zolotavin P., Permenova E., Sarkisov O., Nadochenko V., Azouani R., Portes P., Chhor K., Kanaev A. [Two-photon luminescence enhancement of silver nanoclusters photodeposited onto mesoporous TiO₂ film](#) // Chem. Phys. Lett. - V. 457. - P. 342 – 346.
15. Zhang H.J., Chen G.H. Potent Antibacterial Activities of Ag/TiO₂ Nanocomposite Powders Synthesized by a One-Pot Sol-Gel Method // Environ. Sci. Technol. - 2009. - V. 43. - P. 2905-2910.

УДК 62-503.5

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ КАНАЛОВ РЕАКТОРА-ДОПОЛИМЕРИЗАТОРА ДЛЯ СИНТЕЗА ПОЛИАМИДА-6*

IDENTIFICATION OF DYNAMIC CHANNELS OF PREPOLYAMIDATION TANK FOR SYNTHESIS POLYAMIDE-6

Е.А. Алексеев
E.A. Alexeev

Ивановский государственный химико-технологический университет (Россия, Иваново)
Ivanovo State University of Chemistry and Technology (Russia, Ivanovo)
E-mail: eaa90@inbox.ru

В работе представлены результаты исследования структурных и параметрических свойств реактора-дополимеризатора. Было определено минимальное количество ячеек модели, которыми может быть адекватно описан аппарат. Используя компьютерную модель реактора, основные каналы управления и возмущения были аппроксимированы типовыми динамическими звеньями. Полученная в работе линеаризованная модель позволит в дальнейшем синтезировать систему управления объектом.

Ключевые слова: реактор-дополимеризатор, математическое моделирование, компьютерное моделирование, формализованная модель.

This paper presents the results of studying structural and parametrical properties of prepolyamidation tank. Minimal numbers of cells of model that can describe tank adequately were determined. Simulation model were used for approximating the main control and disturbance channels by typl dynamic elements. Linearized model receiving in this work will be used for synthesis of control system of prepolyamidation tank.

Keywords: prepolyamidation tank, math modeling, simulation, formalized model.

Одной из актуальных проблем химии высокомолекулярных соединений является получение конструкционного термопласта – полиамида-6. Благодаря своим хорошим эксплуатационным свойствам – высокой прочности, эластичности, устойчивости к истиранию, полимер находит широкое применение в различных отраслях промышленности и медицине.

* Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. ИГХТУ Лабутина А.Н. и к.т.н., доц. ИГХТУ Головушкина Б.А.

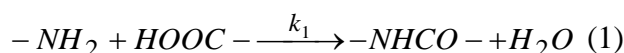
Традиционно процесс полимеризации капролактама в расплаве протекает при температурах 250÷270 °С. Проведение синтеза полиамида-6 по новой технологии, предусматривает введение дополнительной стадии твёрдофазного дополиамидирования, которая позволяет существенно снизить температуру полимеризации на 40÷50 °С и содержание низкомолекулярных соединений в полимере [1-2].

Объектом исследования служил трубчатый химический реактор, в котором протекает процесс твёрдофазного дополиамидирования полиамида-6. Реактор представляет собой горизонтально расположенный цилиндрический аппарат, снабжённый рубашкой обогрева и специальным перемешивающим устройством – ворошителем.

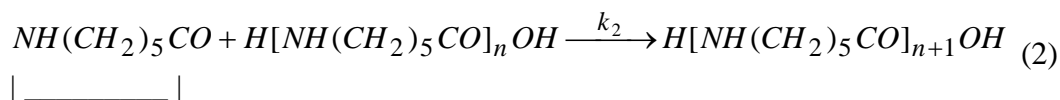
Цель работы заключалась в проведении структурной и параметрической идентификации динамических каналов реактора-дополимеризатора.

Кинетика процесса твёрдофазного дополиамидирования полиамида-6 исследовалась рядом авторов [3-6]. Так в работах [3-4] показано, что при осуществлении данного процесса протекают две реакции:

- взаимодействие контактных пар, образованных концевыми амино- и карбоксильными группами (дополиконденсация):



- присоединение капролактама к концевым группам (дополимеризация):



где k_1 и k_2 – это константы скоростей протекающих реакций.

Из литературы известно, что константы скоростей реакций зависят от температуры и функционально описываются уравнениями Аррениуса.

В работах [7-8] авторами были получены уравнения модели кинетики протекающих реакций, которые записываются следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{dC}{d\tau} = -k_1(C - C_p) \\ \frac{dC_{кл}}{d\tau} = -k_2C(C_{кл} - C_{кл,p}) \\ \frac{dC_в}{d\tau} = k_1(C - C_p) \end{cases} \quad (3),$$

где C , $C_{кл}$, $C_в$ – концентрации концевых групп, капролактама и воды в гранулах полимера; C_p , $C_{кл,p}$ – равновесные значения концентраций концевых групп и капролактама.

Математическая модель объекта, построенная на основе модели кинетики (3), представляла собой систему дифференциальных уравнений в частных производных. Компьютерная модель реактора-дополимеризатора, построенная на основе его математической модели, состоит из 70 ячеек. Проведение численных экспериментов с использованием такого описания требует значительных вычислительных ресурсов ЭВМ. В этой связи для определения минимально необходимого количества ячеек, которыми может быть адекватно представлен реактор, было проведено компьютерное моделирование режима пуска аппарата.

В качестве параметров сравнения моделей были выбраны значения концентрации капролактама в готовом продукте и температуры полимера на выходе. Проведя анализ

результатов вычислительных экспериментов, было установлено, что минимальное количество ячеек в модели, которой может быть адекватно описан реактор, равно пяти.

Используя компьютерную модель, состоящую из пяти ячеек, было проведено исследование динамики объекта в окрестности рабочей точки. Выбранные каналы управления и возмущения были аппроксимированы типовыми динамическими звеньями. Распределённый объект был аппроксимирован формальной моделью в форме передаточных функций.

Таким образом, полученная линеаризованная модель объекта позволит в дальнейшем синтезировать систему управления реактором, используя методы линейной теории управления. Введение данной системы управления будет стабилизировать ключевые параметры процесса получения полиамида-6, что приведет к улучшению потребительских свойств готовой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мизеровский, Л.Н. Перспективы совершенствования технологии получения поликапроамида, используемого в производстве текстильных и технических нитей. Часть 1 [Текст] / Л.Н. Мизеровский, Ю.М. Базаров, М.Г. Павлов // Хим. Волокна. – 2003. – № 5. – С. 15-19.
2. Мизеровский, Л.Н. Перспективы совершенствования технологии получения поликапроамида, используемого в производстве текстильных и технических нитей. Часть 2 [Текст] / Л.Н. Мизеровский, Ю.М. Базаров, М.Г. Павлов // Хим. Волокна. – 2003. – № 6. – С. 9-14.
3. Вольф, Л.А. Производство поликапроамида [Текст] / Л.А. Вольф, Б.Ш. Хайтин. – М.: Химия, 1977. – 201 с.
4. Мизеровский, Л.Н. Твёрдофазный синтез полиамида-6 [Текст] / Л.Н. Мизеровский, Ю.М. Базаров // Хим. волокна. – 2006. – № 4. – С. 40-48.
5. Мизеровский, Л.Н. Кинетика твердофазной дополиконденсации демономеризованного поликапроамида [Текст] / Л.Н. Мизеровский, И.Н. Смирнов // Хим. волокна. – 2004. - № 6. – С. 11-15.
6. Сиганов, Д.Л. Термодинамика и кинетика химических реакций и массообменных процессов при твердофазном дополиамидировании поликапроамида: автореф. дисс. канд. хим. наук: 02.00.06 / Сиганов Дмитрий Львович. – М., 1990. – 23 с.
7. Липин, А.А. Моделирование процесса получения поликапроамида в трубчатом реакторе [Текст] // Сб. научн. Трудов «Успехи в химии и химической технологии». – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009 – Т. XXIII. – № 1. – С. 93-97.
8. Липин, А.А. Тепло- и массообмен в процессах дополиамидирования и сушки полиамида-6: дис. ... канд. техн.наук: 05.17.08 / Липин Андрей Александрович. – Иваново, 2012. – 146 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ С ОПТОВОЛОКОННЫМИ СВЕЯЩИМИСЯ ЭЛЕМЕНТАМИ

DESIGNING CLOTHES WITH FIBEROPTIC LIGHTED ELEMENTS

Т.М. Ключенкова¹, И.А. Петросова¹, М.А. Гусева¹, Е.Г. Андреева¹
T.M. Kluenkova¹, I.A. Petrosova¹, M.A. Guseva¹, E.G. Andreeva¹

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство) (Москва)
The Kosygin State University of Russia (Moscow)
e-mail: ms-tatiana@mail.ru, 76802@mail.ru,

Все больший интерес для потребителя представляет одежда, обладающая не только функциями защиты от условий внешней среды, но и одежда, отличающаяся неповторимыми свойствами, например, такая в которой можно применить технические элементы, для обеспечения сигнальных и повышенных визуально-декоративных характеристик. В статье рассмотрен процесс проектирования одежды со светящимися элементами из оптоволокна. Предложены технологические решения использования оптоволокна в качестве нитей основы и утка при разработке материалов с регулируемой яркостью и цветом свечения. Разработаны новые конструктивно-декоративные элементы в одежде, обеспечивающие возможность подачи управляемых световых декоративных и опознавательных сигналов.

Ключевые слова: оптоволокно; светодиоды; умная одежда; светящаяся одежда; светящиеся текстильные материалы.

More and more interest for the consumer is represented by clothes that not only have functions to protect themselves from environmental conditions, but also clothes characterized by unique properties, for example, in which technical elements can be used to provide signal and enhanced visual and decorative characteristics. The article deals with the process of designing clothes with luminous elements from optical fiber. Technological solutions for the use of optical fibers as warp and weft yarns for the development of materials with adjustable brightness and luminescence color are proposed. New decorative and decorative elements in clothing have been developed, which provide the possibility of supplying controlled light decorative and identification signals.

Key words: optical fiber; LEDs, smart clothes; luminous clothing; luminous textile materials.

Актуальность работы. Современные приоритеты развития промышленности обозначены государством как импортозамещение в текстильной отрасли и разработка материалов, востребованных высокотехнологичными секторами экономики. Как следствие, все больший интерес для потребителя представляет одежда, обладающая не только функциями защиты от условий внешней среды, но и одежда, отличающаяся неповторимыми свойствами, например, такая в которой можно применить технические элементы, для обеспечения сигнальных и повышенных визуально-декоративных характеристик. Наиболее часто для этого в одежде применяют светоотражающие материалы, однако их использование возможно только при направленном отражённом свете в тёмное время суток. Следовательно, существует необходимость разработки технологии проектирования одежды с применением оптического волокна, светодиодов, холодного неона, обеспечивающей повышенные сигнальные, информативные и декоративные свойства и возможность управления подаваемыми световыми сигналами.

Анализ уровня техники. На основе анализа уровня техники и существующих образцов одежды с элементами технических систем выделено два основных направления. К первому направлению относится одежда, в которой существуют различные конструктивные элементы, в которых можно разместить технические элементы, демонстрирующие состояние организма человека и внешней среды. Зачастую используют карманы с прозрачными стенками, шлевки и ремни, люверсы клапаны и т.д. для соединения технических элементов с блоками питания и одеждой. К числу лидеров в этой области можно отнести ряд зарубежных

компаний *Nike*, *France Telecom*, *Philips Consumer Electronics Inc.*, *Invista*, *Sensatex* и *Textronics*, *Alphynin Industrie*, которые внедрили технические элементы в производство одежды (рис.1).



Рис.1 – Существующие образцы одежды с техническими элементами: а – топ с датчиками температуры [1]; б – джинсы от компании *Alphynin Industrie* с прозрачным карманом для размещения смартфона[2]

Вторым направлением выделено применение различных светящихся технических элементов в одежде для подачи управляемых сигналов, повышения визуально-декоративных и сигнальных свойств одежды. Известно техническое решение, в котором авторы [3] разработали гибкие светодиодные массивы на печатных платах, к которым светодиоды прикреплены под углом, обеспечивающим возможность изгиба при использовании в одежде. Авторы изобретения [4] разработали эластичную светодиодную крепежную ленту, которая может принимать любое положение на изделии. Светодиодная крепежная лента заламинирована или обработана смолой для водонепроницаемости, поэтому человеческий пот и вода не спровоцируют короткое замыкание ленты. Свечение происходит при подаче напряжения на нити контактной группы, которые вплетены в гибкую ленту со светодиодами.

Многие китайские производители уже выпускают одежду, в которой есть светящиеся символы, изображения, графические рисунки, расположенные на одежде в качестве накладных элементов [5]. В этом случае в одежде закрепляют мягкую печатную плату (*PCB*); которую снабжают светодиодной цепью, соединяют с системой управления свечением *Singlechip* и литиевой батареей. Основной задачей таких изделий является использование их в качестве передвижной рекламы.

Широко используют одежду для повышения безопасности движения на дороге в темное время суток. Так известна «сверкающая одежда» [6] со съёмными светодиодами, которые размещены между двумя слоями материала – основной прозрачной пленкой снаружи и токопроводящей подкладкой изнутри. Рассмотренные варианты доказывают необходимость разработки одежды с использованием современных технологий со светящимися сигнальными и декоративными элементами, которые не зависели бы от наличия падающего света и обеспечивали заданную яркость и продолжительность свечения.

Методы исследования. В работе использованы методы обработки изображений, методы систематизации и классификации, экспертных оценок, методы статистического, факторного анализа, инженерные методы получения развёрток деталей одежды для типовых и индивидуальных фигур, методы определения освещённости с помощью специализированного приложения *Lux Meter* для *Android*.

Исследование. Изучены места размещения светоотражающих элементов в одежде, определяемые ГОСТ [7,8] и изучены места расположения светящихся технических элементов в одежде по результатам анализа литературы, разработана классификация мест размещения технических и светящихся элементов в плечевой и поясной одежде (рис.3). Проведен опрос

потребителей, в котором в качестве целевой группы выбраны дети младшей школьной и старшей школьной группы и их родители[9,10]. В опросе приняли участие 177 человек [11]. Ранжирование результатов опроса показало, что наиболее предпочтительным является положение технических элементов в одежде на полочке и спинке сбоку; сзади, на плечах; спереди.

В основном сигнальные элементы располагаются так, чтобы во время ходьбы их было хорошо видно, а движение рук не должно закрывать освещённую поверхность. Выявлено, что, площадь светоотражающего материала для дошкольной возрастной группы должна быть не менее $0,07\text{м}^2$, а для подростковой не менее $0,10\text{ м}^2$. Площадь и размер светящихся технических элементов зависят от назначения одежды, времени года, возрастной группы, основного материала изделия.

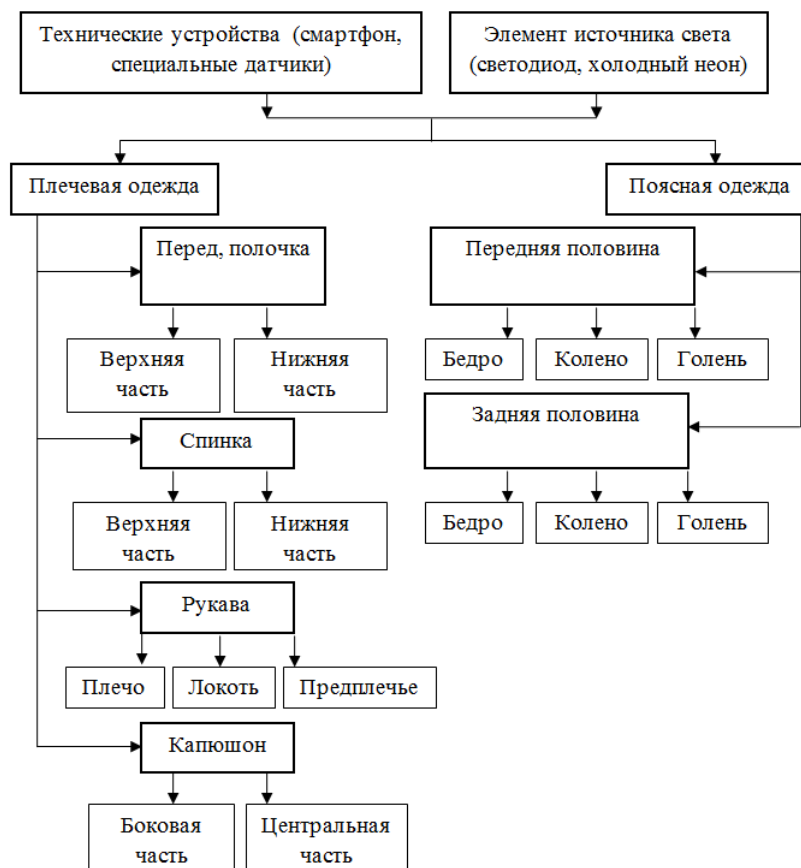


Рис. 2 – Классификация мест расположения светящихся и технических элементов в плечевой и поясной одежде

Разработаны рекомендации к местам расположения сигнальных и декоративных технических элементов с учётом требований ГОСТ - в виде горизонтальных и вертикальных полос: на полочке, спинке, внешнюю часть рукавов, нижнюю наружную часть брюк на расстоянии от нижнего края детали, в основном в виде геометрических форм или условных знаков.

Предложена технология совмещения светящихся технических элементов с материалами легкой промышленности, в частности использование оптоволокна в качестве нитей основы и утка. Оптоволокно – широко распространённый материал, который представляет собой прозрачную нить из стекла или пластика, с таким коэффициентом оптического отражения, что обеспечивает перенос света внутри себя. Оптоволокно может быть бокового и торцевого свечения [12]. Выполнены эксперименты по оценке яркости свечения образцов размером $10\times 10\text{ см.}$, изготовленных полотняным, саржевым, репсовым, сатиновым, атласным, двухуточным переплетением и переплетением рогожка и усиленная саржа (рис.3). В образцах одна нить – текстильная белого цвета, вторая оптоволокно.

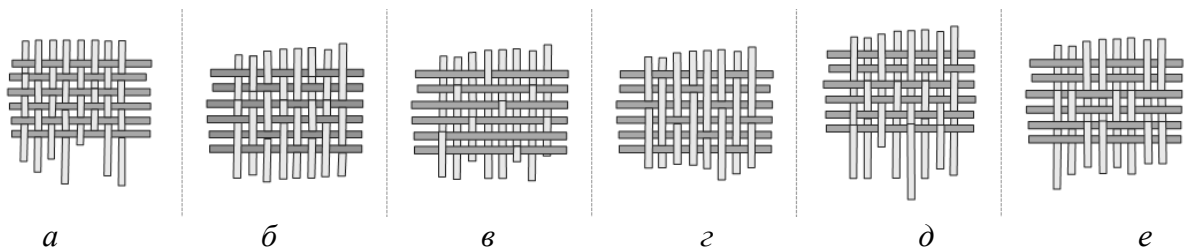


Рис.3 – Предпочтительные виды переплетений текстильной нити с оптоволокном: а– полотняное, б–саржевое, в – сатиновое, г – атласное, д – репсовое, е – рогожка

Оценка яркости свечения проведена с помощью мобильного приложения *Lux Meter* для *Android* [13] при помощи встроенного в смартфон датчика, который расположен рядом с фронтальной камерой. Приложение работает по принципу обычного люксметра, достаточно запустить программу и направить телефон на светящийся оптоволоконный образец переплетения, результаты освещённости получены в люксах (Лк). Выявлено, что наибольшую площадь свечения обеспечивают 4 вида переплетений - полотняное, сатиновое, рогожка и саржевое.

Изготовлены образцы применения оптического волокна бокового свечения в виде аппликации на ткани. В работе использованы оптоволоконные нити бокового свечения двух диаметров – 2мм. и 3мм. На основе проведённых экспериментов выделены ограничения. При использовании оптоволокна в качестве аппликации не допустим излом на острый угол; радиус кривизны рисунка должен быть не меньше 25° - 40° ; скрепление оптоволоконных нитей в месте соединения с источником света необходимо выполнять таким образом, чтоб концы оптоволокна собирались в один пучок.

Разработаны базовая и модельные конструкции и образцы детских жилетов со светящимися техническими элементами из оптоволокна (рис. 4 а, б, в). Получен патент на промышленный образец [14]. Предложены варианты технологической обработки узлов жилета для вывода пучков оптоволокна на изнаночную сторону жилета и для размещения источника света на основе известных методов обработки кармана в рамку и супатной застежки.

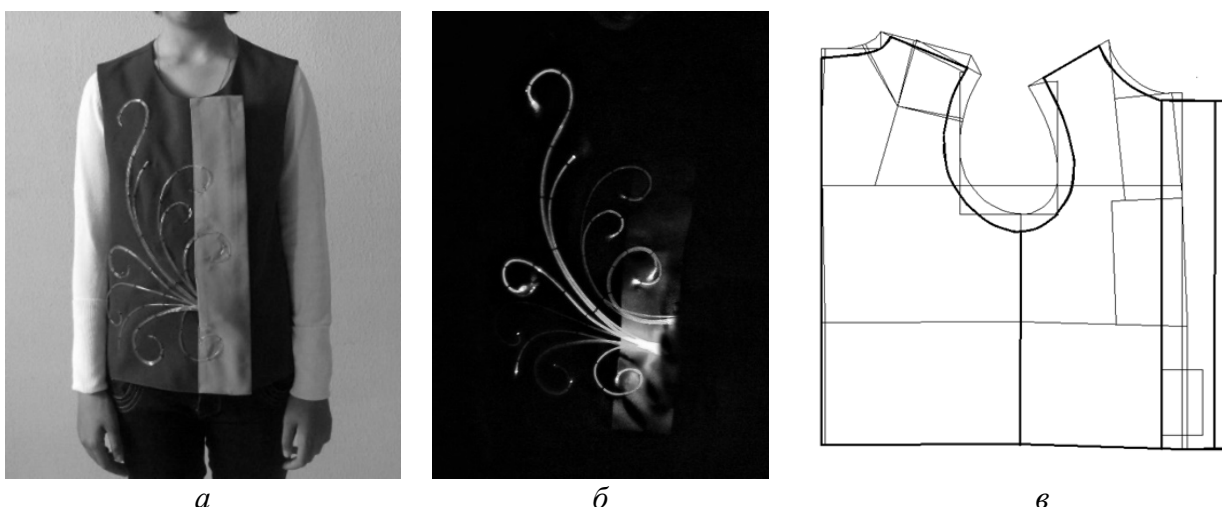


Рисунок 4 – Жилет: а – без свечения, б – со светящимися оптоволоконными элементами, в – модельная конструкция

Заключение. Разработаны требования к размерам, длине, ширине, положению и форме светящихся оптоволоконных элементов в одежде. При использовании оптоволокна торцевого свечения, заданная в одежде геометрическая форма конструктивно-декоративного

элемента визуально распознается только за счет освещенных концов оптоволоконных нитей. Поэтому проектирование светящегося конструктивно-декоративного элемента должно происходить за счет размещения пучков по определенному рисунку, который будет читаться во время подсветки. При использовании оптоволокна бокового свечения рисунок читается по всей длине нити, т.е. заданный рисунок светится полностью. Использование таких элементов в одежде обеспечит подачу управляемых световых сигналов в одежде как в темное, так и в светлое время суток. Таким образом, проведенные исследования выявили необходимость и востребованность изготовления одежды с повышенными сигнальными свойствами, а использование различных элементов технических систем и устройств в одежде обеспечит безопасность перемещения на дороге. Научная новизна работы подтверждена патентом на промышленный образец и изобретение[15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Edirisinghe R., Blismas N. A prototype of smart clothing for construction work health and safety [Электронный ресурс] URL:
2. [researchgate.net/publication/282574479/download](https://www.researchgate.net/publication/282574479/download) (дата обращения 06.09.2018)
3. Jeansinfo. Все самое интересное о джинсах. [Электронный ресурс] URL: <http://www.jeansinfo.ru/dzhinsy-i-telefony/>(дата обращения 06.04.2018)
4. Патент на изобретение № 2016/0309818 US. Anders Kristofer Nelson. Гибкие светодиодные массивы. / заявитель – Ecogear, Inc., San Francisco, CA (US); заявл.24.05.2016; опубл.27.10.2016.
5. Патент на изобретение № /2015/174135 WO. Светодиодная крепежная лента и одежда с ней/ заявл.12.05.2014; опубл.19.11.2015.
6. Патент на изобретение №20092261279 CN. Светодиоды в одежде/ заявл.10.12.2009; опубл.09.02.2011.
7. Патент на изобретение № 20122651400 CN. Сверкающая одежда / заявл.30.11.2012; опубл.11.05.2013.
8. ГОСТ 124219-99. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная сигнальная повышенной видимости. Технические требования. – М.: Госстандарт, 2000. – 16 с.
9. ГОСТ 51835-2001 Световозвращающие элементы детской и подростковой одежды. Общие технические требования. – М.: Госстандарт, 2001. – 12 с.
10. Петросова И.А., Артеян Л.С., Андреева Е.Г. Разработка одежды с повышенными визуально-декоративными свойствами. Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 81.
11. Артеян Л.С., Петросова И.А., Андреева Е.Г. Разработка одежды с сигнальными функциями. Научный обозреватель. 2014. № 4. С. 53-58
12. Анкета для определения предпочтений потребителей в светящейся одежде. [Электронный ресурс] URL:<https://www.surveymonkey.com/survey/v/X9I5Q6Q3S9Q2E7D2B> (дата обращения 06.09.2018)
13. Петросова И.А., Костылева В.В., Шмидт-Вернебург Х. Фиброоптика в изделиях легкой промышленности. Дизайн и технологии. 2011. № 21 (63). С. 17-21.
14. Google play. [Электронный ресурс] URL:https://play.google.com/store/apps/details?id=de.waldau_webdesign.app.luxmeter&hl=ru (дата обращения 06.09.2018).
15. Патент на промышленный образец 96877 . Петросов К.С., Артеян Л.С., Петросова И.А., Андреева Е.Г. Сигнальный жилет с оптоволоконными элементами (2 варианта).Заявл.11.06.2014, Опубл. 16.01.2016.
16. Патент на изобретение 2620247 Устройство подачи управляемых оптических сигналов в одежде. Петросов К.С., Андреева Е.Г., Петросова И.А. Заявка 2016111387, от 28.03.2016. Опубл. 24.05.2017 Бюл. № 15

СОДЕРЖАНИЕ

1	ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ «ШУЙСКО-ТЕЗИНСКАЯ ФАБРИКА «ТЕЗИНКА»	3
	Е.Н.Чернова, Д.С.Королев, Е.Л. Владимирцева	
2	ПОЛУЧЕНИЕ НЕТКАНОГО ГЕМОСТАТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВОЛОКОН ИЗ ХИТОЗАНА	6
	Е.Н.Маевская, Е.Н.Дресвянина.	
3	ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТРОЕНИЯ МУЛЬТИАКСИАЛЬНОЙ ТКАНИ ПО ЕЕ МИКРОСРЕЗУ	12
	Е.О..Грузина, Т.Ю.Карева	
4	АНАЛИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ МОМЕНТА СТАТИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ВАЛКОВЫХ МОДУЛЯХ	16
	А.В.Крылов, Ю.Г.Фомин, А.А.Тувин	
5	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ НЕТКАНЫХ ПЛОСКИХ СТРУКТУР МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ	19
	И.А.Суворов, С.В.Ершов	
6	НОВЫЕ СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ С ВИЗУАЛЬНЫМ ЭФФЕКТОМ ОБЪЕМНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУРР	247
	Г.И.Толубеева, Д.А.Мирошниченко	
7	СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВОРСОВОЙ ТКАНИ ИЗ ХИМИЧЕСКИХ ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ	29
	Б.П.Макаров	
8	ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАМУФЛИРОВАННЫХ РИСУНКОВ НА ПАРААРАМИДНЫХ ТКАНЯХ	32
	А.Р.Зимнуров, П.М.Новиков, О.В.Козлова	
9	РЕПЕЛЛЕНТНАЯ ОТДЕЛКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ПЕРИТРОИДА И ЭФИРНЫХ МАСЕЛ	37
	А.А.Липина, Е.О.Авакова, О.И.Одинцова	
10	РАЗРАБОТКА НАНОМОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	41
	Л.С.Петрова, Г.С.Исполатова, К.А.Малышева	
11	ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭКО-СВЯЗУЮЩИХ В ТЕХНОЛОГИИ ПЕЧАТИ ПИГМЕНТАМИ	43
	О.А.Манולי, Т.Н.Зеленкова, О.В.Козлова	
12	ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ПЕКОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН	47
	Д.А.Мартынов, А.В.Гурских, М.И.Панин	

13	ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТОВАРА С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА ПОТЕРИ КАЧЕСТВА ТАГУТИ А.Р.Песчанникова	49
14	ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЛЕТЕННЫХ ПОЛОТЕН М.В.Томилова	52
15	РАССАСЫВАЮЩИЕСЯ ПЛЕТЕННЫЕ ХИРУРГИЧЕСКИЕ НИТИ С АНТИМИКРОБНЫМ ПОКРЫТИЕМ В.А.Жуковский, Т.Ю.Анущенко, Н.Тагандурдыева, В.В.Свистов, И.М.Кириченко	57
16	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОРИЕНТИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МОНОНИТЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛИЛАКТИДА И НАНОФИБРИЛ ХИТИНА К.В.Малафеев, О.А.Москалюк, В.Е.Юдин, П.Морганти	64
17	РАЗРАБОТКА НОВОГО (ОТЕЧЕСТВЕННОГО) СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ МОНОМЕРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНОГО ВОЛОКНА (АРСЕЛОН) НОВЫМ СПОСОБОМ Б.П.Макаров, П.Б.Макаров, М.В.Шаблыгин	69
18	ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ Е.А.Девина, Е.С.Бокова	74
19.	ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ТЕРМОИЗОЛЯЦИОННЫХ САМОРЕГУЛИРУЮЩИХСЯ ВОЛОКНИСТЫХ СИСТЕМ В «УМНОЙ ОДЕЖДЕ» Е.В.Мезенцева	78
20	ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ТЕРМОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОДЕЖДЫ: «СЛЕДУЮЩИЕ ШАГИ», ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ Е.В.Мезенцева, В.В.Иванов, В.Ю.Мишаков	82
21	ТЕХНОЛОГИЯ «СУХОГО» СИНТЕЗА ТЕРМОСТАБИЛИЗАТОРОВ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА ПУТЕМ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА И ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ А.А.Момзяков, Р.Я.Дебердеев, К.С.Фадеева, Т.Р.Дебердеев	88
22	ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ АМАРАНТА М.С.Вершинин, М.Р.Гараева, А.В.Косточко, Р.Я.Дебердеев	90
23	ОПТИЧЕСКИЙ СПОСОБ КОНТРОЛЯ ТКАНЫХ СЕТЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ Д.А.Беляев, С.А.Щеглов, А.В.Голунов, Т.Г.Алеев	96
24	ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И.Д.Гусев, М.А.Гусева, И.А.Петросова, М.А.Родионова	101
25	ГАЗОФАЗНЫЙ МЕТОД ПРИДАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ ВОДООТТАЛКИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ Г.Н. Хуснутдинова, А.А. Азанова, Л.Н. Абуталипова, Т.А. Федорова	106

26	ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ПИГМЕНТОВ В СИСТЕМАХ ЖИДКОСТЬ ТВЕРДОЕ-ТЕЛО С.А. Родионов, С.О. Кожевников	109
27	МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ Н.С. Зимин, О.В. Блинов, А.П. Никулин, А.А. Ратников	112
28	ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗ АЦЕТАТОТИТАНИЛА БАРИЯ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА К.В.Иванов	116
29	ПРИДАНИЕ ПОЛИЭФИРНЫМ ТКАНЯМ СПОСОБНОСТИ К САМООЧИЩЕНИЮ ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ И БАКТЕРИЙ К.А. Ерзунов	121
30	ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ КАНАЛОВ РЕАКТОРА-ДОПОЛИМЕРИЗАТОРА ДЛЯ СИНТЕЗА ПОЛИАМИДА-6 Е.А. Алексеев	126
31	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ С ОПТОВОЛОКОННЫМИ СВЕТЯЩИМИСЯ ЭЛЕМЕНТАМИ Т.М. Клюенкова, И.А. Петросова, М.А Гусева, Е.Г. Андреева	129
	СОДЕРЖАНИЕ	134

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

**ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ:
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И
МАТЕРИАЛЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XXI Международного научно-практического форума
«SMARTEX-2018»**

Часть 2

Ответственный за выпуск
Компьютерная верстка
Дизайн обложки

А.П. Новикова
Н.А. Онипченко
А.П. Новиковой

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 18.09.2018. Формат 1/8 60x84.
Усл. печ. л. 8,14. Уч. - изд. л. 7,8 Тираж 90 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»
153000, г. Иваново, ул. 8 Марта, 20
Адрес в Интернете: www.ivgpi.com

Отпечатано в ОАО «Информатика»
153032, г. Иваново, ул. Ташкентская, 90